

**Міністерство освіти і науки України  
Київський політехнічний інститут  
ім. Ігоря Сікорського**

# **ІНЖЕНЕРНА ГРАФІКА**

**Збірник задач і методичні рекомендації  
до вивчення дисципліни для студентів  
хіміко-технологічного факультету,  
факультету медико-біологічної інженерії**

**Затверджено  
на засіданні кафедри  
нарисної геометрії, інженерної та  
комп'ютерної графіки ФМФ.  
Протокол № 4 від 27.04.16 р.**

**Київ  
КПІ  
2017**

**Інженерна графіка.** Збірник задач і методичні рекомендації до вивчення дисципліни для студентів хіміко-технологічного факультету, факультету медико-біологічної інженерії [Текст]/ Укладачі: А.Є. Ізволєнська, Д.К. Луданов, Г.С. Подима. – К.: КПІ, 2017. – 92 с.

*Висловлюємо вдячність укладачам попереднього зошиту «Учбові завдання з нарисної геометрії і інженерної графіки для програмованого навчання / Сост: Н.К. Віткуп, М.Д. Бевз, В.В. Ванін та ін. / -К.: КПІ, 2007, - 58с.» за можливість часткового використання навчально-методичного матеріалу курсу дисципліни.*

*Рекомендовано Методичною радою НТУУ "КПІ",  
протокол №4 від 27 квітня 2016 року*

Укладачі

А.Є. Ізволєнська

Д.К. Луданов,  
Г.С. Подима,

Відповідальний редактор

В.В.Ванін, д.т.н., проф.

Рецензенти

О.А. Голова, к.т.н., доцент,  
О.В. Лінійчева, д.т.н., професор,  
заст. декана ХТФ НТУУ "КПІ".

*За редакцією укладачів*

## СТРУКТУРА КУРСУ, ЗАГАЛЬНІ ВИМОГИ

Інженерна графіка відноситься до числа загально-інженерних технічних дисциплін. Інженерна графіка містить в собі короткий курс нарисної геометрії та креслення. Студент, вивчивши і засвоївши курс інженерної графіки на кафедрі нарисної геометрії, інженерної та комп'ютерної графіки, має змогу застосувати отримані знання в подальшому навчанні і роботі.

Навчальний курс з дисципліни "Інженерна графіка" реалізується в наступних формах навчання: лекціях, практичних заняттях з програмованим контролем знань за всіма темами дисципліни, виконання графічних робіт, самостійну роботу і диф. залік.

Навчальний матеріал розподілено на навчальні завдання для домашнього і аудиторного виконання за кожною темою дисципліни.

## УМОВНІ ПОЗНАКИ

Точки позначають великими літерами латинського алфавіту (*A, B, C,...*) і цифрами (*1, 2, 3, ...*).

Лінії позначають малими літерами латинського алфавіту: *b, c, m, n,...*

Площини – великими літерами грецького алфавіту: *Σ, Θ, Δ, Γ,...*

Кути – *φ, α, β, γ,...*

Вимірювання і побудови виконуються за допомогою креслярських інструментів (олівець, лінійка, циркуль, транспортир тощо). Червоним олівцем виділяють отриманий результат. Одиниці вимірювання побудованих лінійних величин – мм, кутів – градуси.

Алгоритми розв'язування задач записують олівцем креслярським шрифтом.

Знаки, які визначають відношення між геометричними образами.

Знак	Значення знака	Приклад читання символічного запису
=	Результат дії	-
$\subset$ $\in$	Належність; належність точки множині	$m \subset \Sigma$ – пряма <i>m</i> належить площині <i>Σ</i> $A \in m$ – точка <i>A</i> належить прямій <i>m</i>
$\supset$ $\ni$	Включення; включення точки множиною	$\Sigma \ni M$ – площина <i>Σ</i> містить точку <i>M</i> ( <i>Σ</i> проходить через точку <i>M</i> )

<i>Знак</i>	<i>Значення знака</i>	<i>Приклад читання символічного запису</i>
$\cup$	<i>З'єднання</i>	$A \cup B = AB$ – з'єднання $A$ і $B$
$\cap$	<i>Перетин</i>	$K = m \cap \Sigma$ – точка $K$ є результатом перетину прямої $m$ з площиною $\Sigma$
$\parallel$	<i>Паралельність</i>	$a \parallel \Sigma$ – пряма $a$ паралельна площині $\Sigma$
$\perp$	<i>Перпендикулярність</i>	$a \perp \Omega$ – пряма $a$ перпендикулярна площині $\Omega$
$\% /$	<i>Символ мимобіжних прямих</i>	$m \% / n$ – прямі $m$ і $n$ мимобіжні
$\wedge$	<i>Значення кута</i>	$m \wedge \Sigma$ – значення кута між прямою $m$ і площиною $\Sigma$
$   $	<i>Відстань</i>	$ Am $ – відстань від точки $A$ до прямої $m$
$\equiv$	<i>Збіг, тотожність</i>	$A \equiv B$ – значення $A$ і $B$ збігаються
$\cup i$	<i>Обертання</i>	$A \cup i$ – точка $A$ обертається навколо прямої $i$
$\rightarrow$	<i>Перехід від одного положення до іншого (перетворення)</i>	$\frac{\Pi_2}{\Pi_1} \rightarrow \frac{\Pi_1}{\Pi_4}$ – перехід від системи площин проєкцій $\frac{\Pi_2}{\Pi_1}$ до системи $\frac{\Pi_1}{\Pi_4}$
$\nabla$	<i>Дотик</i>	$a \nabla \Phi$ – пряма $a$ дотикається до поверхні $\Phi$

## КОМПЛЕКСНИЙ КРЕСЛЕНИК ТОЧКИ

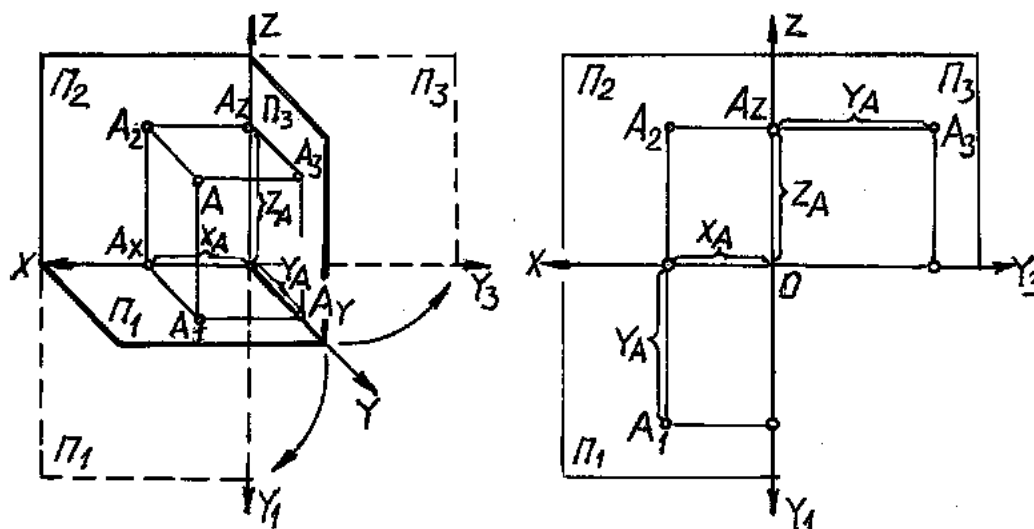


Рис. 1.

Видаливши умовні межі площин проєкцій  $\Pi_1$ ,  $\Pi_2$ ,  $\Pi_3$  і залишивши осі координат  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$ , отримаємо комплексний кресленик точки  $A$ .

Визначник точки – три її координати (в мм):  $A(X_A; Y_A; Z_A)$

$A$  – точка у просторі (об'єкт проєкціювання),

$\Pi_1$  – горизонтальна площина проєкцій,

$\Pi_2$  – фронтальна площина проєкцій,

$\Pi_3$  – профільна площина проєкцій,

$A_1$  – горизонтальна проєкція точки  $A$ ,

$A_2$  – фронтальна проєкція точки  $A$ ,

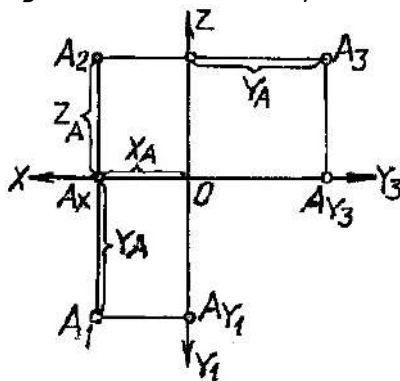
$A_3$  – профільна проєкція точки  $A$ ,

$A_x$  – проєкція точки  $A$  на вісь  $X$ ,

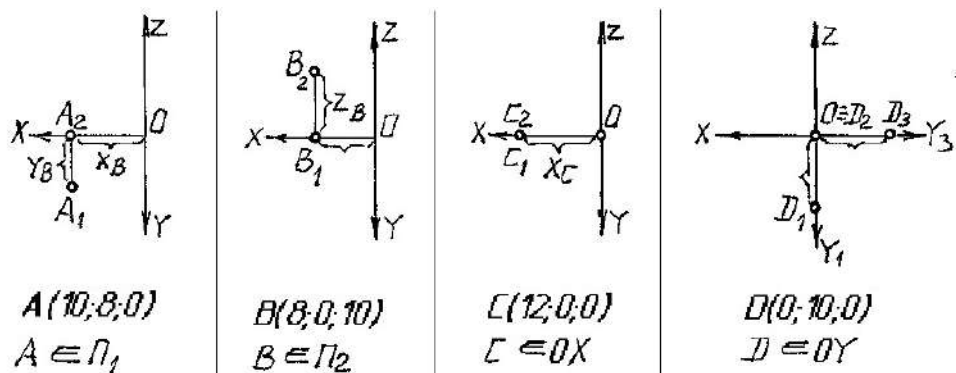
$A_y$  – проєкція точки  $A$  на вісь  $Y$ ,

$A_z$  – проєкція точки  $A$  на вісь  $Z$ .

Приклад побудови точки з координатами  $A(12; 20; 17)$



## Приклади належності точок площинам проекцій і осям



## КОМПЛЕКСНИЙ КРЕСЛЕНИК ПРЯМОЇ

В системі площин проекцій розрізняють прямі загального і окремого (рівня, проекціюючі) положення.

### 1. Пряма загального положення

Пряма, яка не паралельна і не перпендикулярна площинам проекцій  $\Pi_1$ ,  $\Pi_2$ ,  $\Pi_3$  називається прямою загального положення.

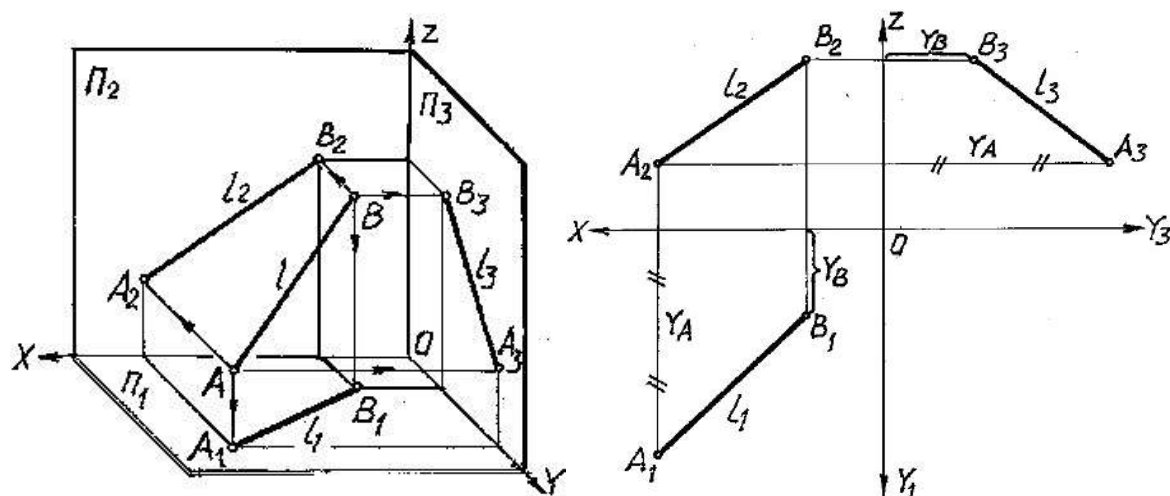


Рис.2.

## Прямі окремого положення

### 2. Прямі рівня

Прямою рівня називається така пряма, яка паралельна до однієї з площин проекцій.

2.1.  $h$  – горизонталь – пряма, яка  $\parallel \Pi_1$  (рис.3).

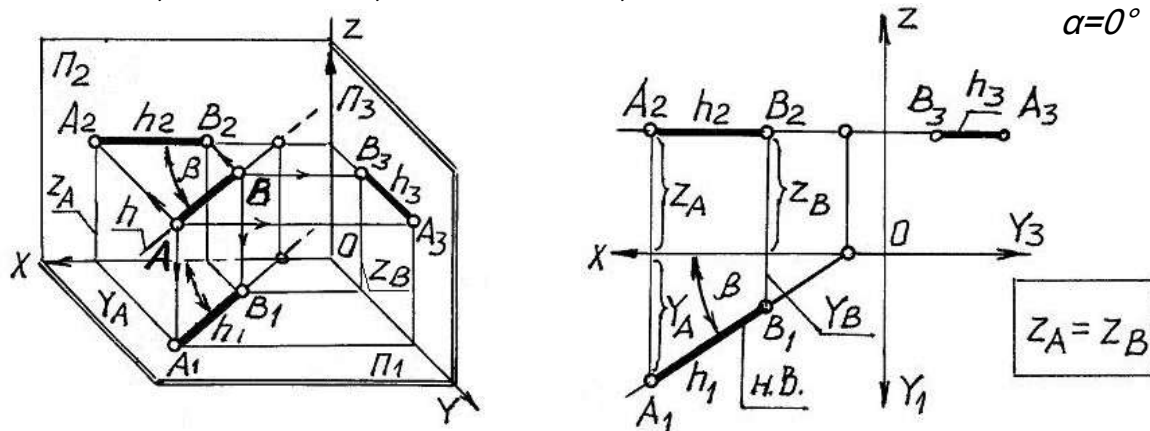


Рис.3.

2.2.  $f$  – фронталь – пряма, яка  $\parallel \Pi_2$  (рис.4).

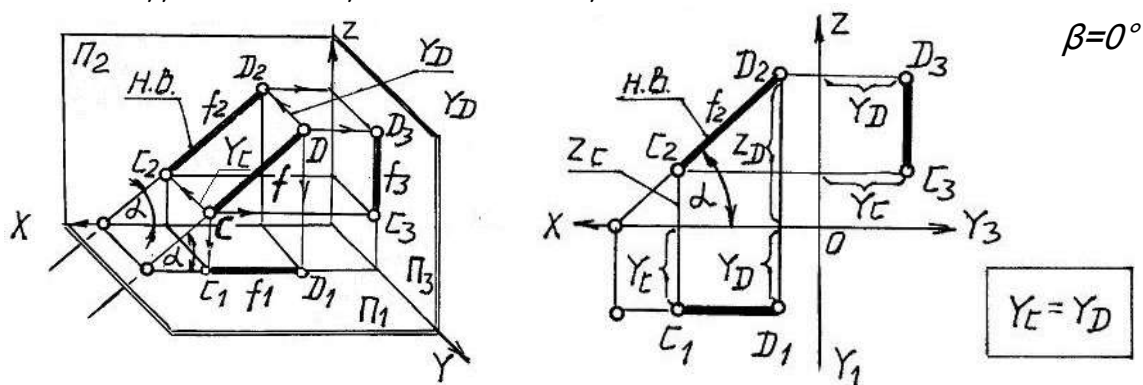


Рис.4.

2.3.  $p$  – профільна пряма – пряма, яка  $\parallel \Pi_3$  (рис.5).

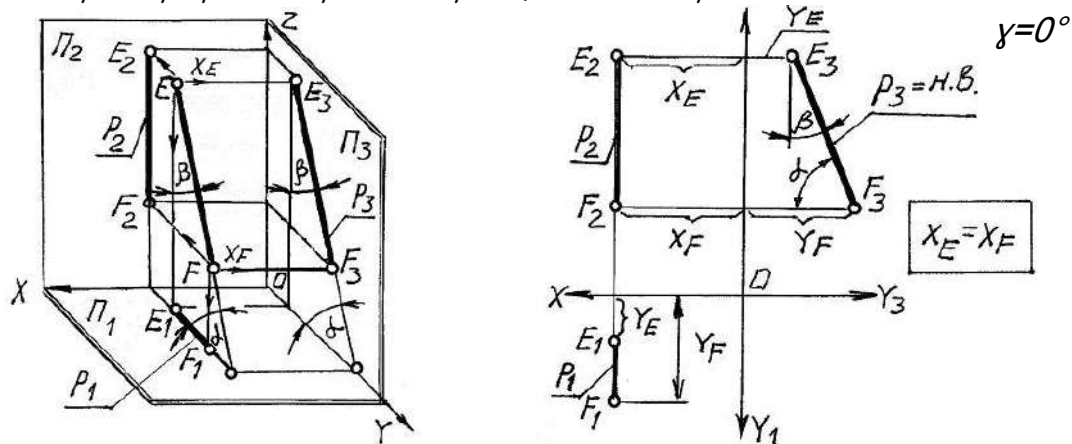


Рис.5.

$\alpha$  – кут нахилу прямої до пл. пр.  $\Pi_1$ ;  $\beta$  – кут нахилу прямої до пл. пр.  $\Pi_2$ .

### 3. Проекціюючі прямі

Проекціюючою прямою називається така пряма, яка перпендикулярна одній з площин проєкцій.

3.1. Горизонтально-проекціююча пряма – пряма, яка  $\perp$  пл. пр.  $\Pi_1$  (рис.6).

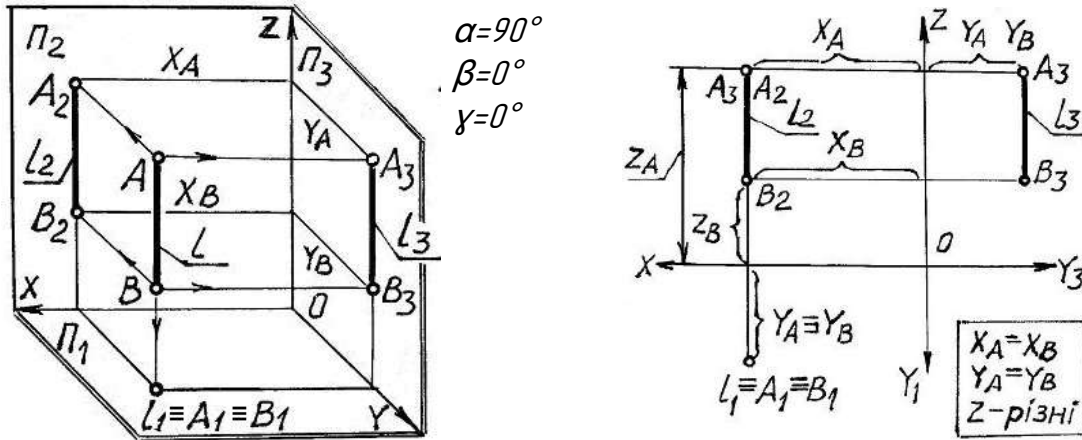


Рис.6.

3.2. Фронтально-проекціююча пряма – пряма, яка  $\perp$  пл. пр.  $\Pi_2$  (рис.7).

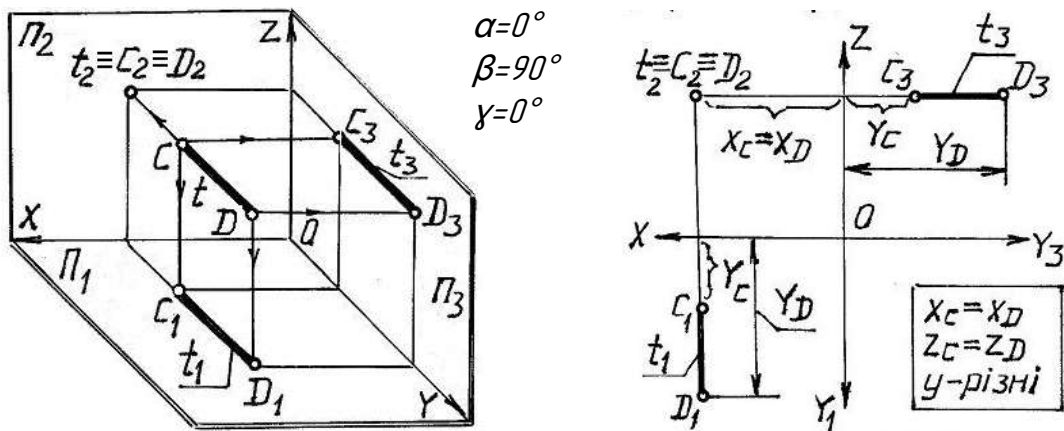


Рис.7.

3.3. Профільно-проекціююча пряма – пряма, яка  $\perp$  пл. пр.  $\Pi_3$  (рис.8).

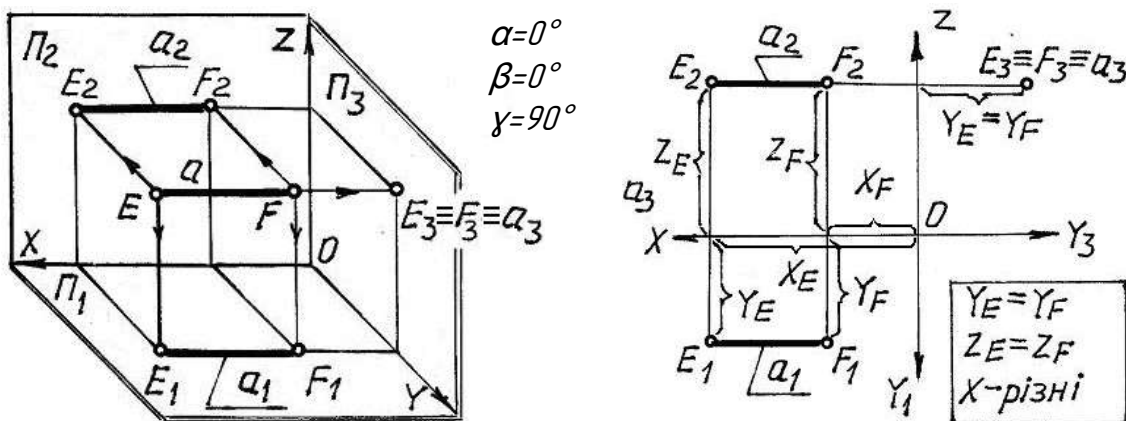


Рис.8.



### Взаємне розташування двох прямих

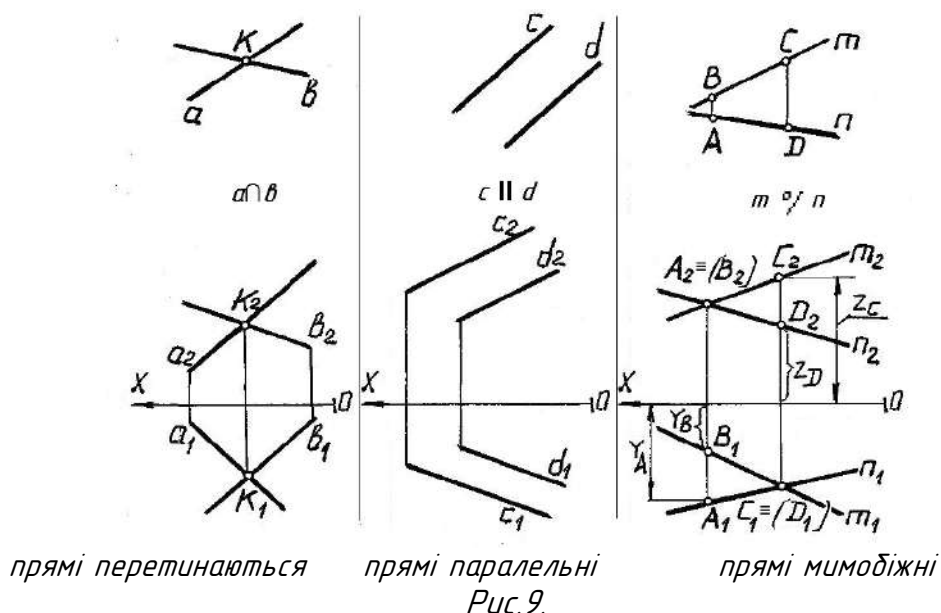


Рис. 9.

На проєкціях мимобіжних прямих утворюють конкуруючі точки ( $A$  і  $B$  та  $C$  і  $D$ ). За допомогою конкуруючих точок можна визначити взаємне розташування прямих ( $m$  і  $n$ ). Точка  $C$  (що належить прямій  $m$ ), яка розташована вище точки  $D$  (що належить прямій  $n$ ), на  $\Pi_1$  буде над нею. Тому пряма  $m$ , до якої належить точка  $C$ , на  $\Pi_1$  буде над прямою  $n$ , тобто видима. Аналогічна ситуація для точок  $A$  і  $B$  стосовно площини проєкції  $\Pi_2$  (точка  $A$  розташована перед точкою  $B$ , а  $n$  перед  $m$ ). (рис. 9)

### МЕТОД ПЕРЕТВОРЕННЯ ПЛОЩИН ПРОЕКЦІЙ

Спосіб перетворення площин проєкцій полягає в тому, що одна з основних площин проєкцій  $\Pi_1$ ,  $\Pi_2$  чи  $\Pi_3$  перетворюється на нову площину проєкцій  $\Pi_4$ , що розташовується належним чином відносно об'єкта проєкціювання, але перпендикулярно до площини проєкцій, яка не перетворюється. В результаті перетворення проводиться нова вісь  $X_1$  і лінії проєкційного зв'язку будуть вже перпендикулярні до неї. При цьому об'єкт проєкціювання в просторі залишається незмінним, а переміщуються площини проєкцій, що вводяться знову (рис. 10).

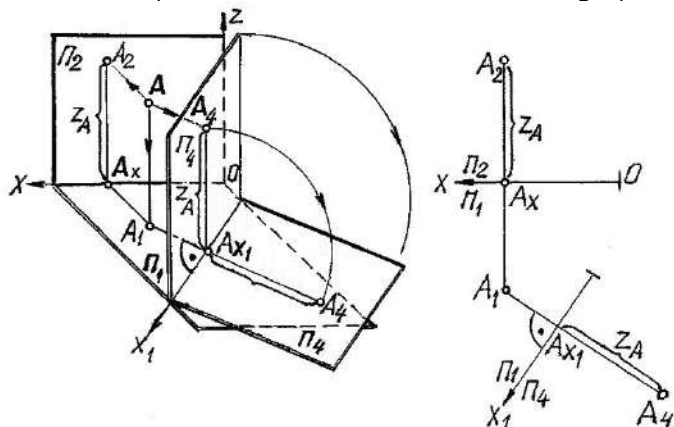
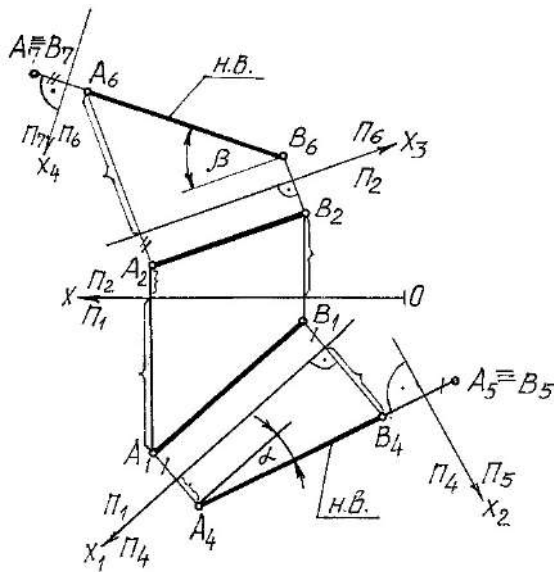


Рис. 10



Приклад перетворювання прямої загального положення в пряму рівня та проєкціюючу. Використовується заміна спочатку площини проєкцій  $\Pi_2$ , пізніше -  $\Pi_4$ .

1 заміна  $\frac{\Pi_2}{\Pi_1} \rightarrow \frac{\Pi_1}{\Pi_4}$ ;  $\Pi_4 \perp \Pi_1$ ;

$\Pi_4 \parallel AB$ ;  $X_1 \parallel A_1B_1$ ;

2 заміна  $\frac{\Pi_1}{\Pi_4} \rightarrow \frac{\Pi_4}{\Pi_5}$ ;  $\Pi_5 \perp \Pi_4$ ;

$\Pi_5 \perp AB$ ;  $X_2 \perp A_4B_4$ ;

3 заміна  $\frac{\Pi_2}{\Pi_1} \rightarrow \frac{\Pi_6}{\Pi_2}$ ;  $\Pi_6 \perp \Pi_2$ ;

$\Pi_6 \parallel AB$ ;  $X_3 \parallel A_2B_2$ ;

4 заміна  $\frac{\Pi_6}{\Pi_2} \rightarrow \frac{\Pi_7}{\Pi_6}$ ;  $\Pi_7 \perp \Pi_6$ ;

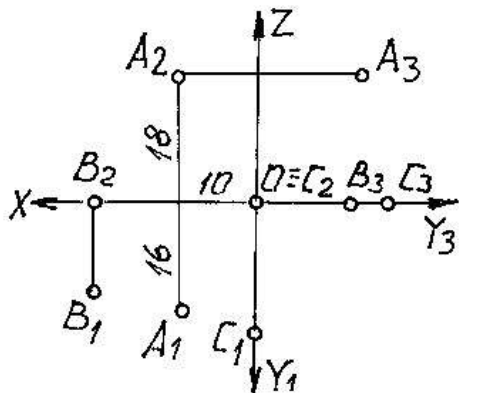
$\Pi_7 \perp AB$ ;  $X_4 \perp A_6B_6$ .

Рис.11.

## ДОМАШНІ ЗАВДАННЯ

### Задача 1

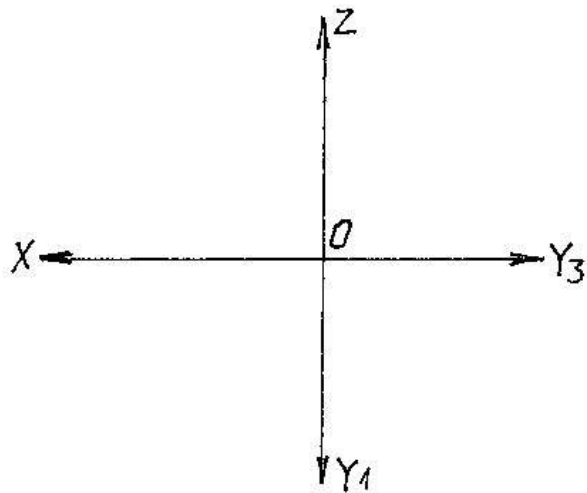
Приклад



$A(10; 16; 18) \in \text{Простору}$

$B(23; 13; 0) \in \Pi_1$

$C(0; 18; 0) \in Y$



а) Побудуйте на комплексному рисунку проєкції заданих точок  $A$ ,  $B$ ,  $C$ . Визначте і запишіть їх належність: простору, площині проєкції, або осі (див. приклад):

$A(30; 20; 25) \in$  \_\_\_\_\_

$B(20; 0; 10) \in$  \_\_\_\_\_

$C(0; 25; 0) \in$  \_\_\_\_\_

б) Запишіть належність точки  $E$ , якщо вона рівновіддалена від  $\Pi_1$ ,  $\Pi_2$ ,  $\Pi_3$ , (тобто  $X_E = Y_E = Z_E$ , але не дорівнюють нулю)

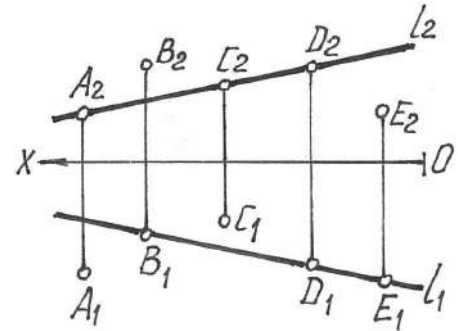
$E \in$  \_\_\_\_\_

## Задача 2

а) Як розташовані точки  $A, B, C, D, E$  відносно прямої  $l$  (запишіть в таблиці)

	на $l$	за $l$	перед $l$	над $l$	під $l$
Точка:					

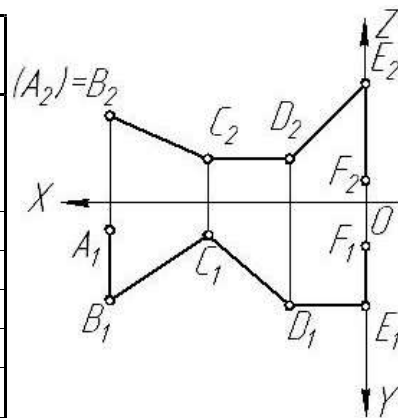
б) Запишіть назву прямої  $l$  (пряма рівня, проєкціююча, загального положення):



## Задача 3

Запишіть назву кожної ланки ( $AB, BC, \dots$ ) ламаної лінії  $ABCDEF$  і її довжину  $l$ :

Ланка	Назва ланки	Симво-лічно	мм
$AB$	Фронтально - проєкціююча пряма	$\perp \Pi_2$	...
$BC$			...
$CD$			...
$DE$			...
$EF$			...
$l_{ABCDEF}$	-	-	...



## АУДИТОРНІ ЗАВДАННЯ

### Задача 4

За допомогою заміни площин проєкцій перетворіть пряму  $l$

а) у пряму рівня.

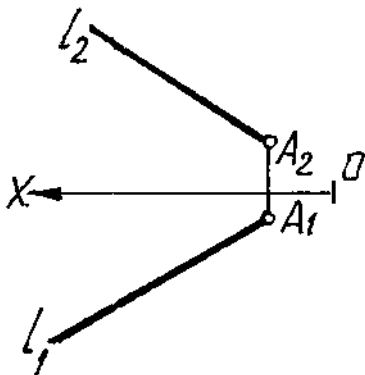
Відкладіть на прямій  $l$  від точки  $A$  відрізок  $AB = 30\text{мм}$ .

Визначте н.в. кутів нахилу прямої  $l$  до площин проєкцій  $\Pi_1$  і  $\Pi_2$

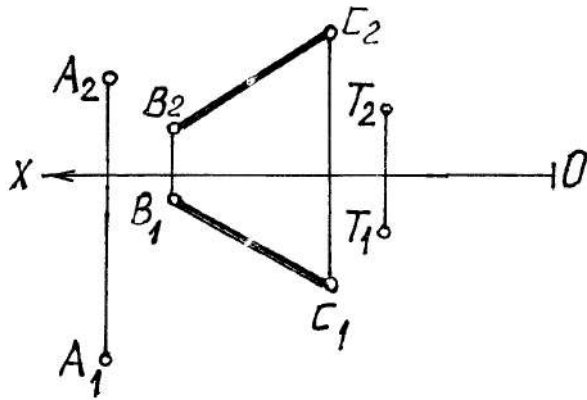
$$\alpha^\circ = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$\beta^\circ = \underline{\hspace{2cm}}$$

б) Перетворіть пряму  $AB$  у проєкціюючу пряму.



### Задача 5

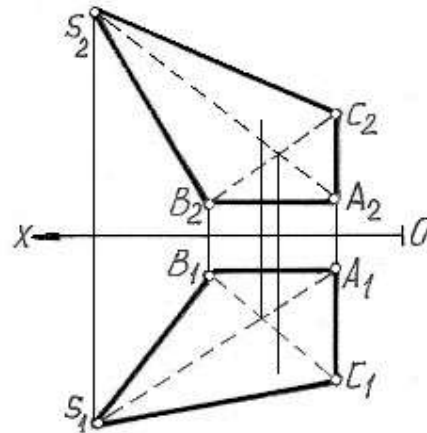


а) Через точку  $A$  проведіть пряму  $l \parallel \Pi_1$  так, щоб вона перетинала пряму  $BC$ .

б) Через точку  $T$  проведіть пряму  $l \parallel BC$ .

### Задача 6

За допомогою конкуруючих точок (рис. 41) визначте на  $\Pi_1$  і  $\Pi_2$  видність ребер  $AS$  і  $BC$  похилої піраміди  $SABC$ . На кожній проекції ( $\Pi_1$  і  $\Pi_2$ ) видиме ребро наведіть суцільною товстою лінією, а невидиме — штриховою.



### ПЛОЩИНА ОСНОВНІ ПОЛОЖЕННЯ

Визначником площини називається сукупність геометричних елементів та їх взаємного розташування, які однозначно визначають її положення в просторі. Визначник записують у дужках після позначки площини (рис. 12).

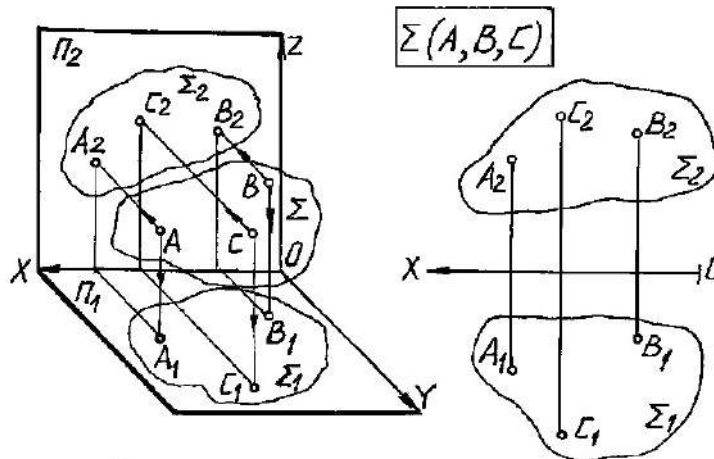


Рис. 12

## ПОЛОЖЕННЯ ПЛОЩИН ВІДНОСНО СИСТЕМИ ПЛОЩИН ПРОЕКЦІЙ.

1. Площина загального положення, не паралельна і не перпендикулярна до жодної з площин проєкцій (рис.12).
2. Площина рівня – це площина, яка паралельна до однієї з площин проєкцій (рис.13-15).

2.1. Горизонтальна площина рівня – площина, яка  $\parallel \Pi_1$  (рис.13).

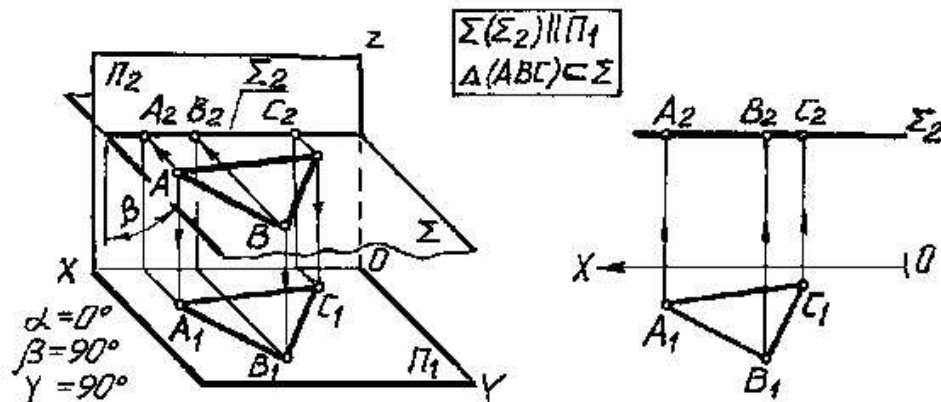


Рис. 13

2.2. Фронтальна площина рівня – площина, яка  $\parallel \Pi_2$  (рис.14).

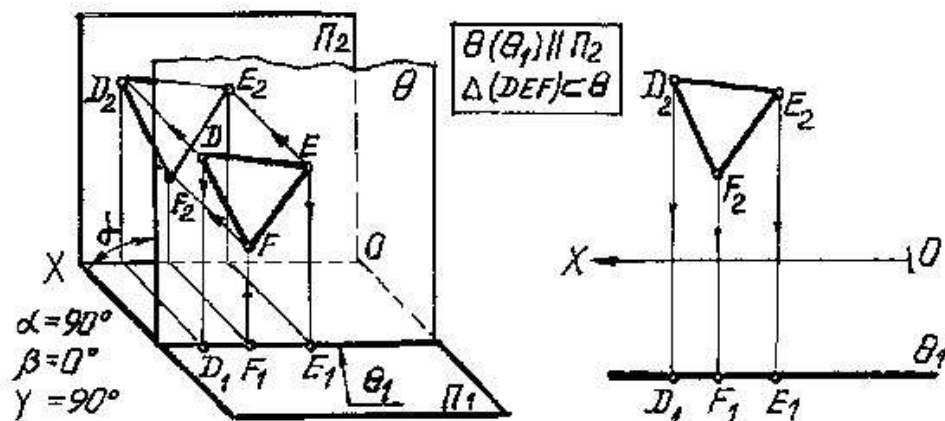


Рис. 14

2.3. Профільна площина рівня – площина, яка  $\parallel \Pi_3$  (рис.15).

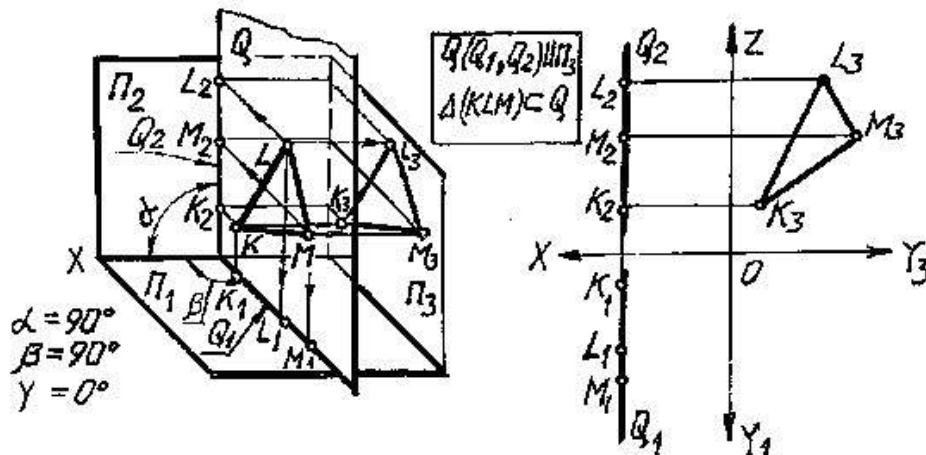


Рис. 15

3. Площина проєкціююча, тобто перпендикулярна до однієї з площин проєкцій, але не паралельна і не перпендикулярна до інших двох площин проєкцій (рис.16-18).

3.1. Горизонтально-проєкціююча площина - площина, яка  $\perp \Pi_1$  (рис.16).

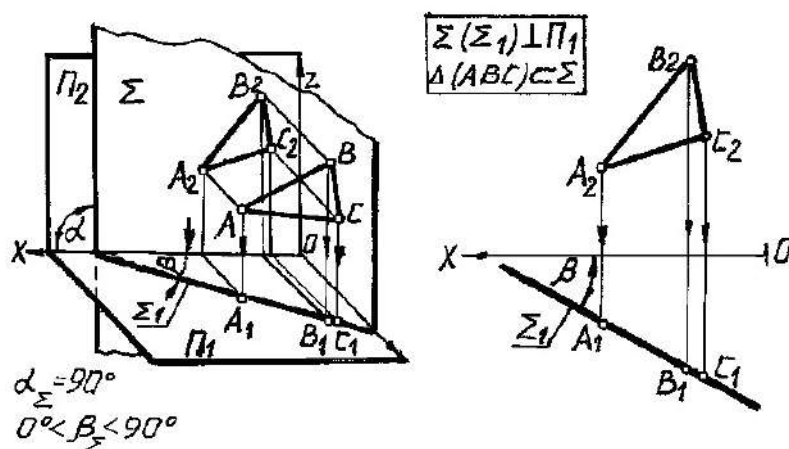


Рис. 16

3.2. Фронтально-проєкціююча площина - площина, яка  $\perp \Pi_2$  (рис.17).

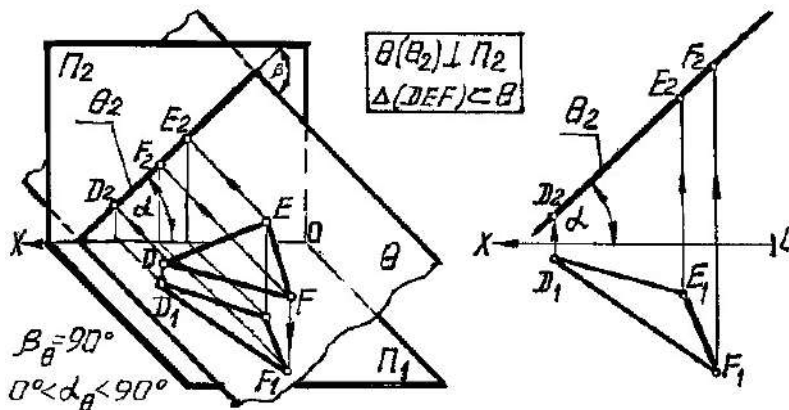


Рис. 17

3.3. Профільно-проєкціююча площина - площина, яка  $\perp \Pi_3$  (рис.18).

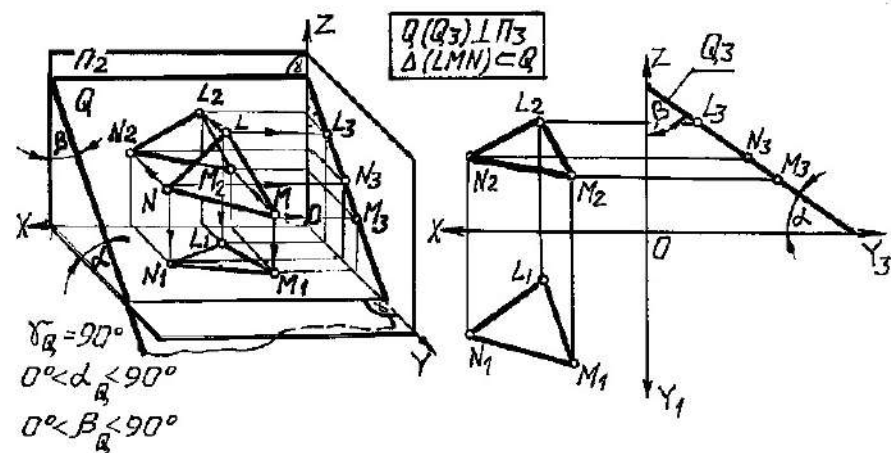
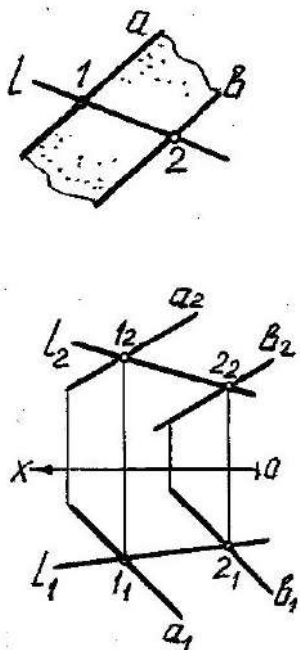


Рис. 18

## ВЛАСТИВОСТІ НАЛЕЖНОСТІ ТОЧКИ І ПРЯМОЇ ДО ПЛОЩИНИ

1. Пряма належить площині, якщо вона проходить через дві точки, що належать даній площині (рис.19) (окремий випадок, коли пряма проходить через точку, що належить даній площині, паралельно прямій, яка лежить у цій площині – рис.20).
2. Точка належить даній площині, якщо вона належить прямій, що належить даній площині (рис.21).

а)  $\Gamma(a \parallel b)$



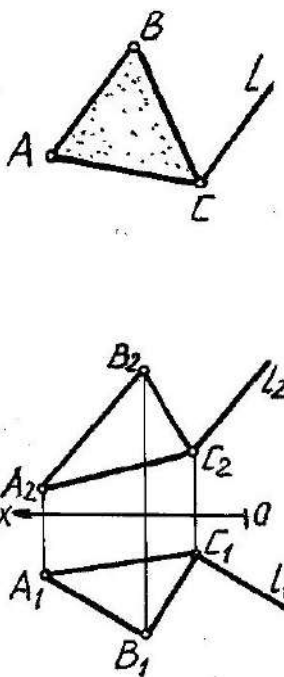
$$l \cap a = 1$$

$$l \cap b = 2$$

$$l \subset \Gamma(a \parallel b)$$

Рис.19

б)  $\Sigma(\triangle ABC)$



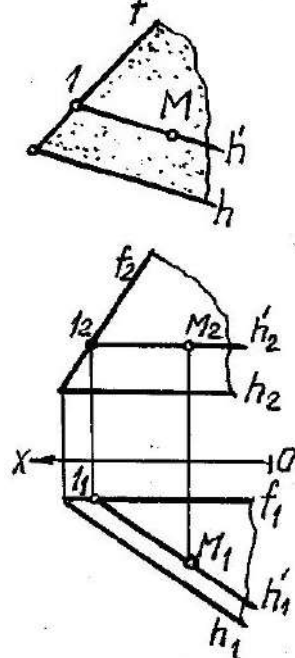
$$l \parallel AB$$

$$l \ni C$$

$$l \subset \Sigma(\triangle ABC)$$

Рис.20

в)  $\Delta(h \cap f)$



$$\Delta(h \cap f)$$

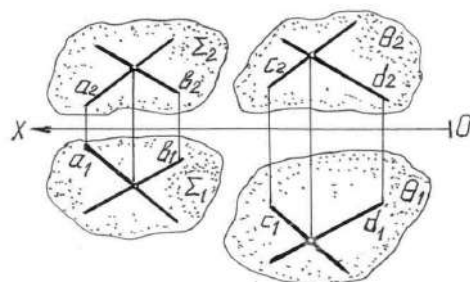
$$M \in h'$$

$$h' \parallel h; h' \cap f = 1$$

Рис.21

## ВЗАЄМНЕ ПОЛОЖЕННЯ ПЛОЩИН

1. Площини загального положення паралельні, якщо дві прямі, що перетинаються, однієї площини паралельні двом прямим, що перетинаються другої площини (рис.22).



$$\Sigma(a \cap b)$$

$$\Theta(c \cap d)$$

$$a \parallel c; b \parallel d$$

$$\Sigma \parallel \Theta$$

Рис.22.

2.

2. Площини окремого положення паралельні, якщо паралельні їх однойменні сліди проекцій (рис.23).

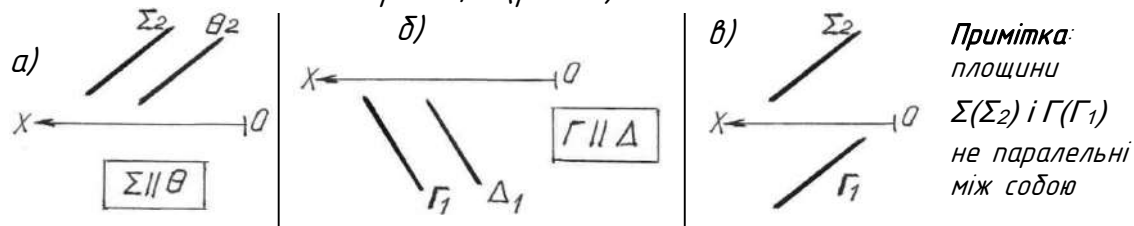


Рис.23.

Лінії рівня ( $h$  і  $f$ ) в площинах

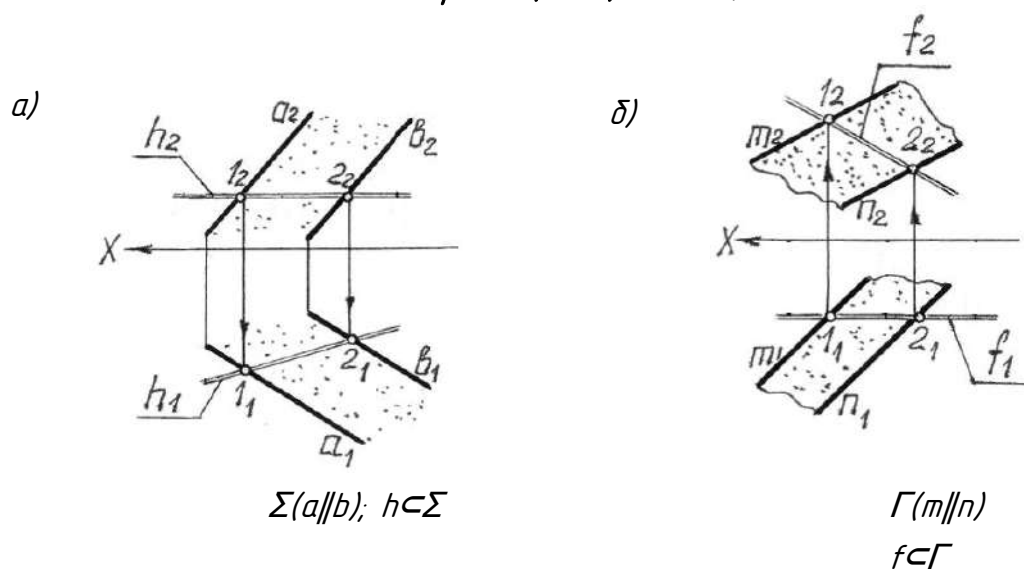


Рис.24.

**ПРИКЛАД ПЕРЕТИНУ ПЛОЩИНИ ЗАГАЛЬНОГО ПОЛОЖЕННЯ З ПЛОЩИНОЮ ОКРЕМОГО ПОЛОЖЕННЯ.**

Побудова лінії перетину площин окремого  $\Sigma(\Sigma_1)$  і загального  $\Theta(a||b)$  положень

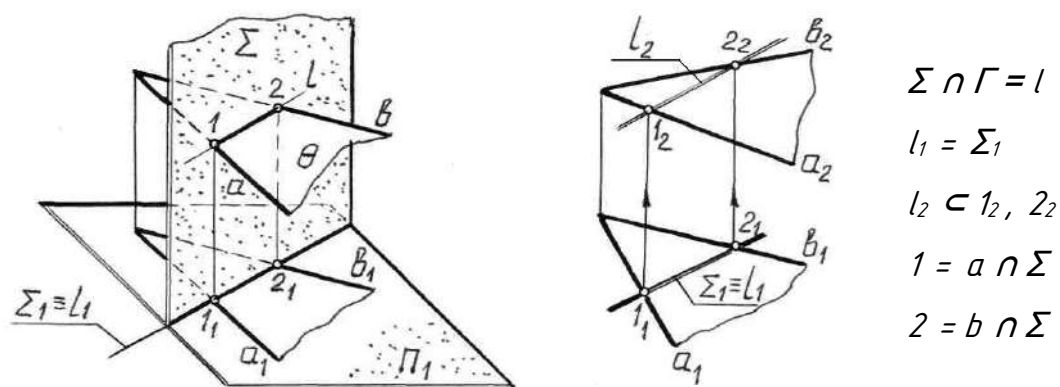


Рис.25.



## ПЕРЕТВОРЕННЯ ПЛОЩИНИ ЗАГАЛЬНОГО ПОЛОЖЕННЯ В ПЛОЩИНУ РІВНЯ

Цим перетворенням користуються для визначення натуральної величини плоскої фігури, наприклад трикутника  $ABC$  (рис. 26, 27). Спочатку від системи площин проєкцій  $\Pi_1 / \Pi_2$  переходять до системи  $\Pi_1 / \Pi_4$ , в якій площина трикутника  $ABC$  перпендикулярна до  $\Pi_4$  ( $X_1 \perp h_1$ ), і будують її слід-проєкцію  $\Theta_4$  ( $\Delta A_4 B_4 C_4$ ). Потім систему проєкцій  $\Pi_1 / \Pi_4$  перетворюють на систему  $\Pi_4 / \Pi_5$ , в якій площина  $\Pi_5$  є паралельною площині трикутника. Для цього проводять нову вісь проєкцій  $X_2 \parallel \Theta_4$  ( $\Delta A_4 B_4 C_4$ ).

Будують проєкції  $A_5 B_5 C_5$  на площині  $\Pi_5$ . Сполучають побудовані проєкції точок прямими в трикутник, який і буде шуканою натуральною величиною оригіналу  $ABC$ .

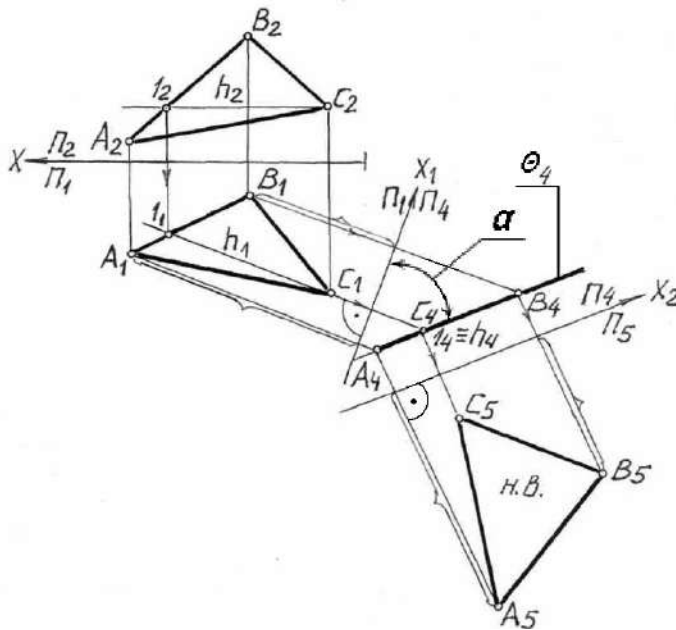


Рис.26

$$1. h \in \Theta(\Delta ABC); C \in h; 1 \in h$$

$$2. x \frac{\Pi_2}{\Pi_1} \rightarrow x_1 \frac{\Pi_1}{\Pi_4}; \Pi_4 \perp \Pi_1;$$

$$\Pi_4 \perp h; (x_1 \perp h_1); \Theta(\Theta_4) \perp \Pi_4;$$

$A_4 C_4 B_4$  – пряма –

слід-проєкція площини  $\Theta$

$$3. x_1 \frac{\Pi_1}{\Pi_4} \rightarrow x_2 \frac{\Pi_4}{\Pi_5}; \Pi_5 \perp \Pi_4;$$

$$4. \Pi_5 \parallel \Theta(\Theta_4); x_2 \parallel \Theta_4;$$

$A_5 B_5 C_5$  – н.в. трикутника.

$$1. f \in \Theta(ABC); A \in f; 1 \in f$$

$$2. x \frac{\Pi_1}{\Pi_2} \rightarrow x_1 \frac{\Pi_2}{\Pi_4}; \Pi_4 \perp f; \Pi_4 \perp \Pi_2;$$

$$(x_1 \perp f_2); \Theta(\Theta_4) \perp \Pi_4;$$

$A_4 C_4 B_4$  – пряма –

слід-проєкція площини  $\Theta$

$$3. x_1 \frac{\Pi_2}{\Pi_4} \rightarrow x_2 \frac{\Pi_4}{\Pi_5}; \Pi_5 \perp \Pi_4;$$

$$\Pi_5 \parallel \Theta(\Theta_4); x_2 \parallel \Theta_4;$$

$A_5 B_5 C_5$  – н.в. трикутника.

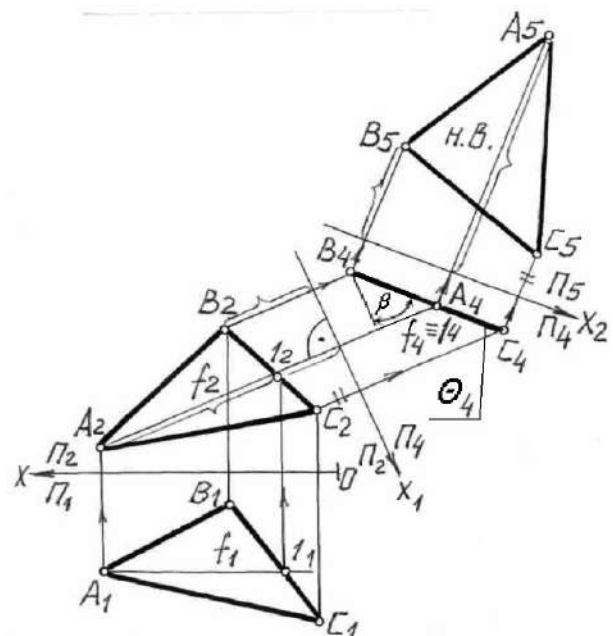


Рис.27

## ПРОЕКЦІЮВАННЯ КОЛА

Проекціями кола можуть бути коло, пряма, еліпс. Для побудови еліпса досить побудувати проекції двох взаємно перпендикулярних діаметрів кола, які називаються спряженими. Якщо коло лежить у проекціюючій площині, один з діаметрів ( $AB$ ) вибирають паралельним, а другий ( $CD$ ) – перпендикулярним тій площині проєкції, до якої площина кола перпендикулярна. Тоді на другу площину проєкції спряжені діаметри проєкціюються у вигляді осей еліпса (рис.28а). Велика вісь еліпса  $C_2D_2$  за розміром дорівнює діаметру  $d$  кола, а розмір малої осі  $A_2B_2$  залежить від кута нахилу площини, в якій лежить коло до відповідної площини проєкції. Приклад побудови кола, що лежить у фронтально-проекціюючій площині на трьох площинах проєкції, показано на рис. 28б. Спосіб побудови проміжних точок еліпса за розмірами його осей показана на рис. 28в.

Якщо коло лежить у площині загального положення, фронтальна проєкція великої осі еліпса паралельна фронтальній проєкції фронталі площини кола, а горизонтальна проєкція великої осі еліпса паралельна горизонтальній проєкції горизонталі цієї площини (див. зразок РГР-стор.76).

Приклад побудови кола, яке розташоване у проекціюючій площині

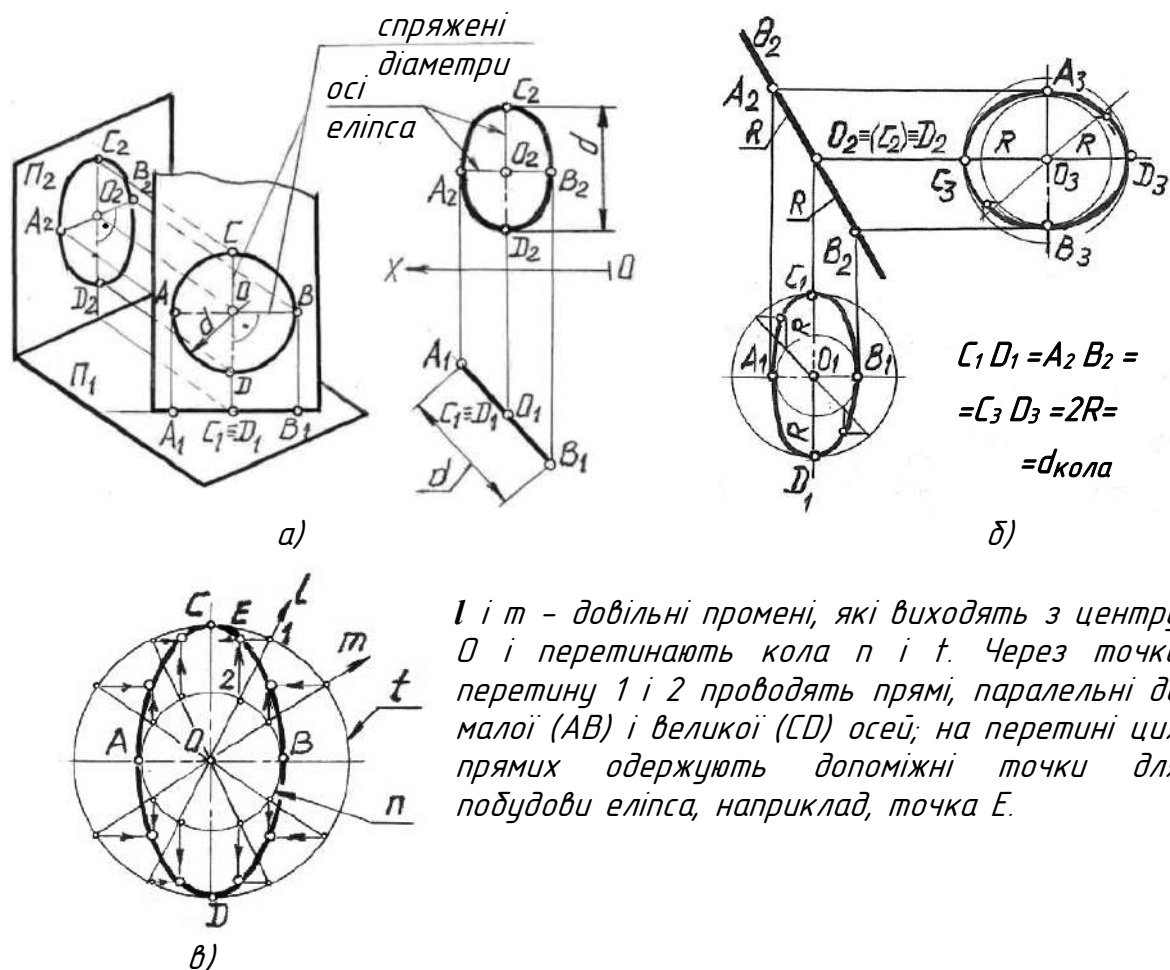
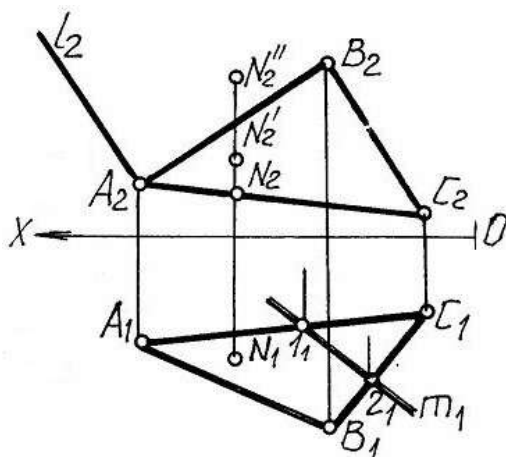


Рис.28

## ДОМАШНІ ЗАВДАННЯ

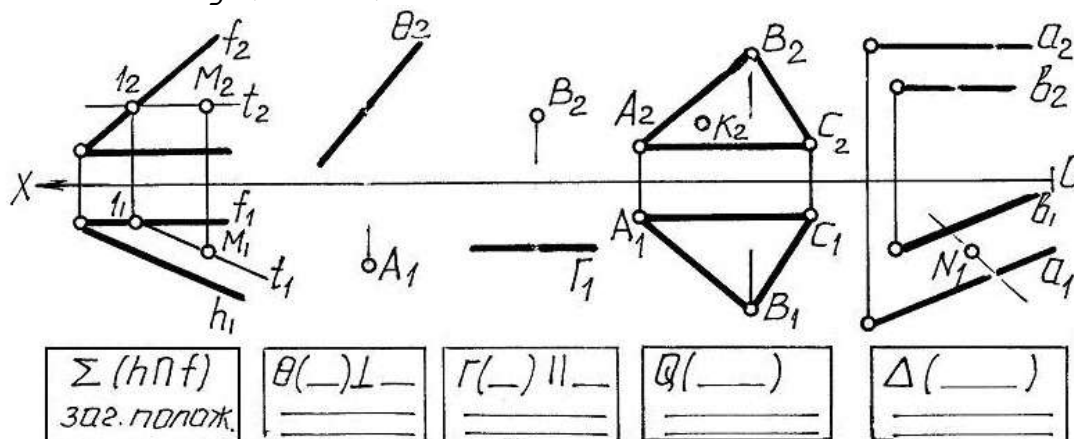
### Задача 7



Побудуйте проєкції  $l_1$  та  $m_2$  прямих  $l$  і  $m$ , які належать площині трикутника  $\Delta(ABC)$ . Врахуйте, що  $l \parallel BC$ . Визначте і запишіть, яка з показаних проєкцій ( $N_2$ ,  $N_2'$ ,  $N_2''$ ) відповідає фронтальній проєкції точки  $N$ , що належить площині  $\Delta(ABC)$ :

### Задача 8

Запишіть визначники площин ( $\Theta$ ,  $\Gamma$ ,  $Q$ ,  $\Delta$ ), їх положення у просторі та їх назву. Побудуйте відсутні проєкції точок  $A$ ,  $B$ ,  $K$ ,  $N$ , розташованих у цих площинах.



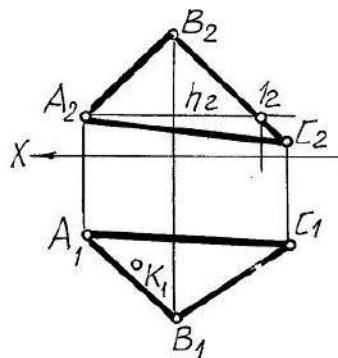
### Задача 9

Виконайте перетворення площини трикутника  $ABC$  із загального положення в натуральну величину. Виміряйте і запишіть н.в. кутів  $ABC$  і  $\alpha^\circ$ :

$\angle ABC = \underline{\hspace{2cm}}$

$\alpha^\circ = \underline{\hspace{2cm}}$

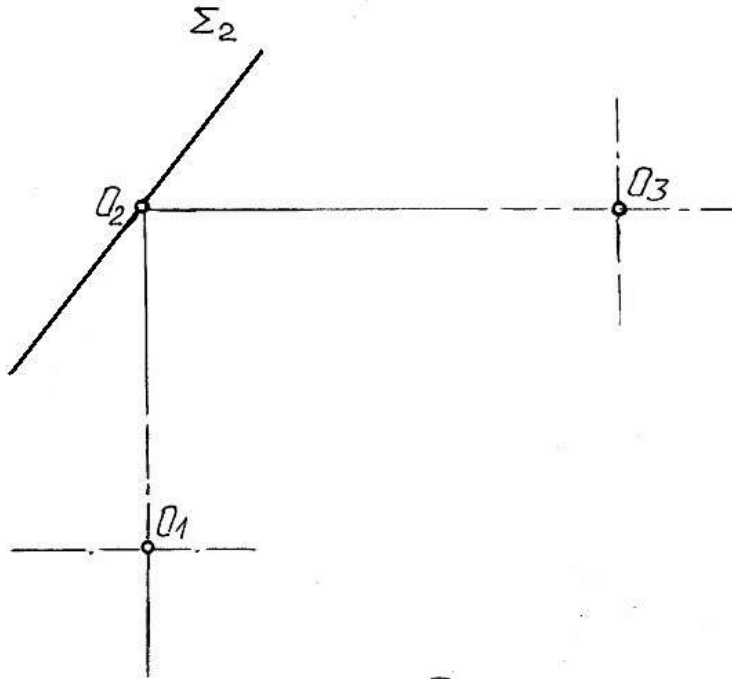
Побудуйте на всіх площинах проєкцій відсутні проєкції точки  $K$ , яка належить  $\Delta(ABC)$ .



## АУДИТОРНІ ЗАВДАННЯ

### Задача 10

Побудуйте проєкції кола з центом  $O$ , розташованого в площині  $\Sigma(\Sigma_2)$ . Діаметр кола 40 мм.

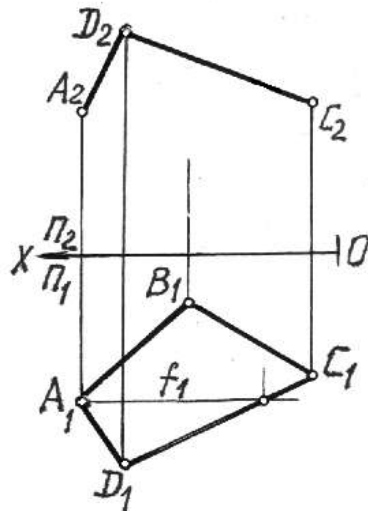


### Задача 11

а) Побудуйте фронтальну проєкцію плоского чотириохкутника  $ABCD$  за допомогою його перетворення у проєкціюючу площину.

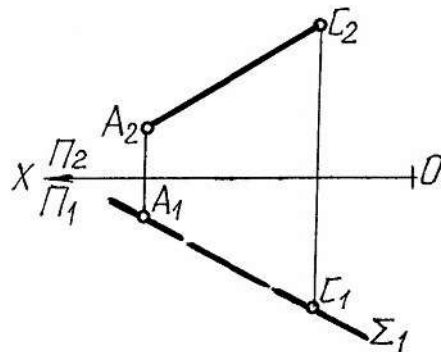
Позначте кут  $\beta$ .

б) Побудуйте н.в. чотириохкутника.



### Задача 12

Побудуйте проєкцію квадрата, розташованого в горизонтально-проєкціюючій пл.  $\Sigma(\Sigma_1)$  за його діагоналю  $AC$ .



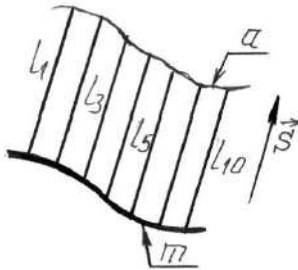
## ПОВЕРХНІ

У нарисній геометрії застосовують, головним чином, кінематичний спосіб утворення поверхонь.

При цьому способі поверхня розглядається як сукупність всіх послідовних положень деякої твірної, що переміщується в просторі за визначеним законом.

**Визначник** поверхні складається з двох частин: геометричної і алгоритмічної. Геометрична частина визначника – сукупність геометричних елементів (твірна  $l$ , напрямна  $m$ ), які утворюють поверхню.

Алгоритмічна частина – це закон утворення поверхні, тобто рух  $l'$  за напрямною  $m$ . Наприклад, циліндрична поверхня утворюється рухом  $l'$ , які перетинають напрямну  $m$  і паралельні деякому напрямку  $\vec{S}$ .



Геометрично

( $\alpha$  – лінія зрізу поверхні)

$$l' \cap m, l' \parallel \vec{S}$$

Алгоритмічно

Зображення поверхні рекомендується виконувати в такій послідовності:

- зобразити напрямні елементи (рис. 29);
- зобразити обрисні твірні поверхні (рис. 30)

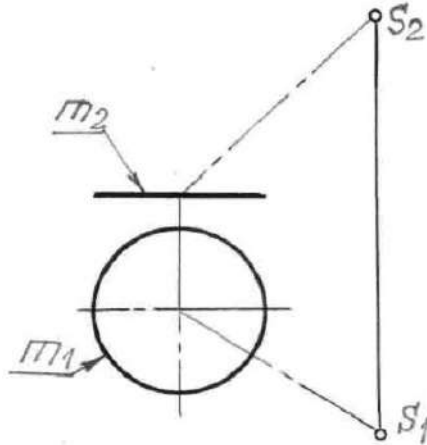


Рис. 29

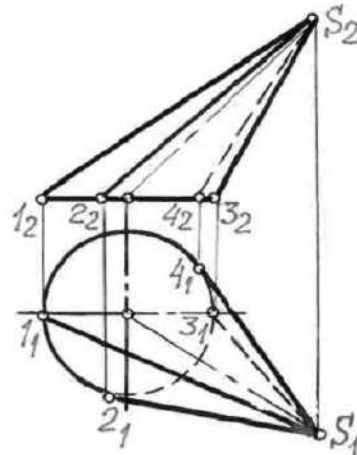
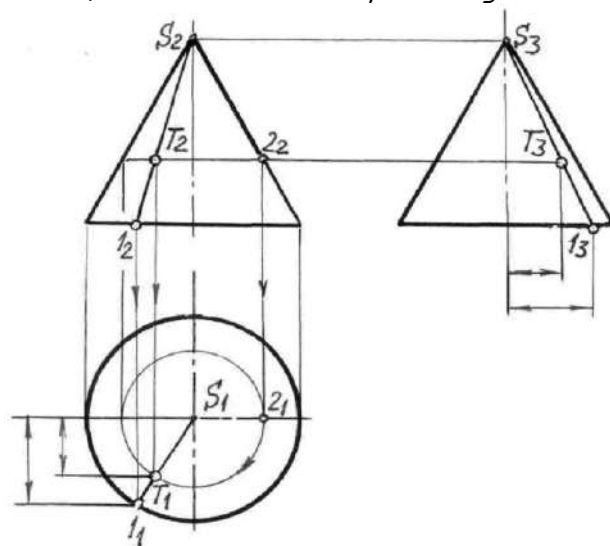


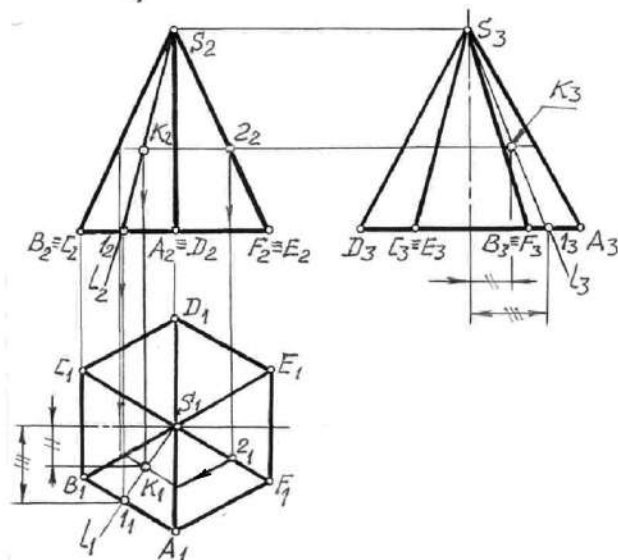
Рис. 30

**Правило належності точки до поверхні:** точка належить поверхні, якщо її проєкції лежать на однойменних проєкціях лінії, яка належить поверхні (рис. 31,а: точка  $T \in lS$ ; рис. 31,б: точка  $K \in l$  або  $K \in S1$ ).

Приклади побудови точки, що належить поверхні конуса та шестигранної піраміди



а)



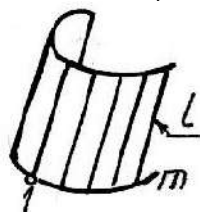
б)

Рис. 31

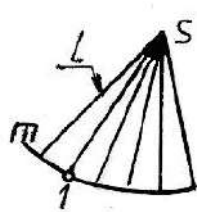
### Деякі класи поверхонь

Лінійчасті поверхні можуть бути утворені рухом прямої лінії у просторі за певним законом. Лінійчасті поверхні, у яких твірні паралельні (рис. 32, а) або перетинаються (рис. 32, б), або є дотичними до будь-якої просторової кривої (рис. 32, в), є розгортними.

а) Циліндрична



б) Конічна



в) Торсична

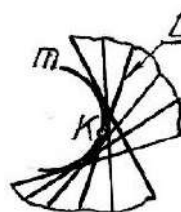
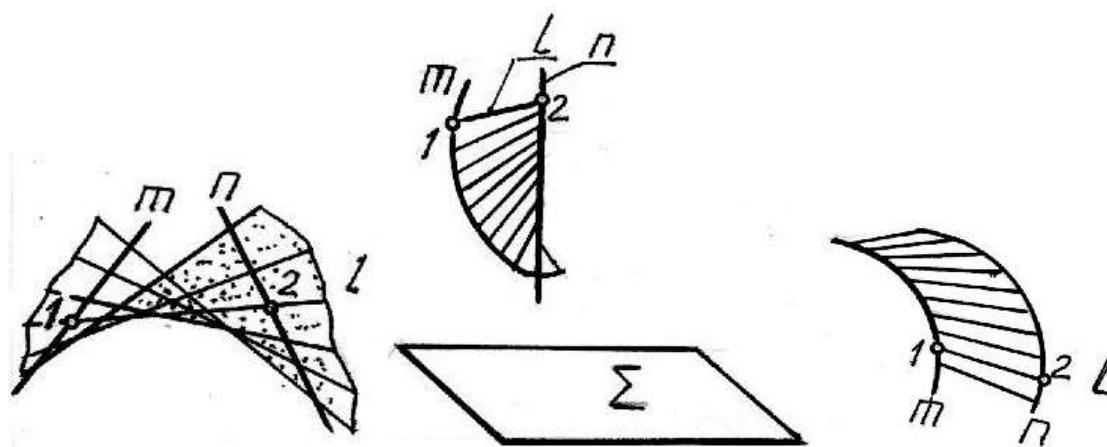


Рис. 32

Всі криві нелінійчасті поверхні, а також лінійчасті поверхні, які не можуть бути розгорнутими (наприклад, поверхні з площиною паралелізму), називаються нерозгортаємими (рис. 33).



Коса площина

Конус

Циліндр

$l$  — пряма в усіх своїх положеннях паралельна площині  $\Sigma$  (площині паралелізму) і перетинає  $m$  і  $n$

Рис.33


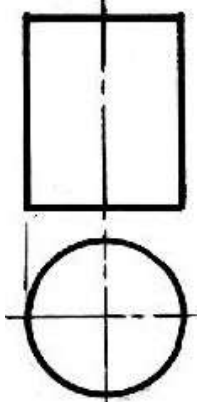
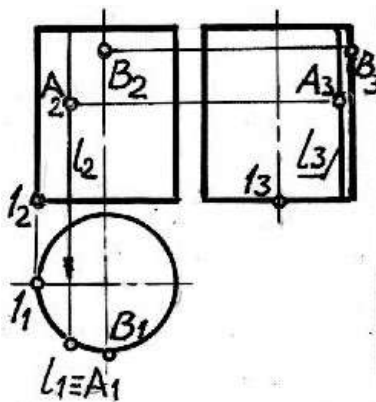

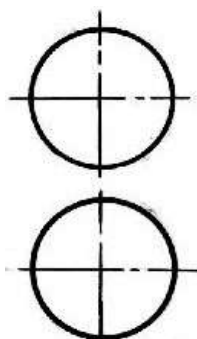
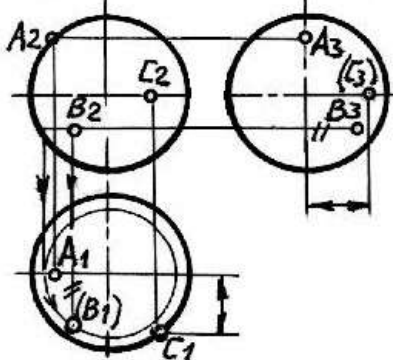
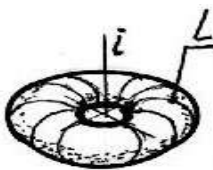
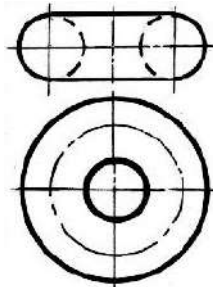
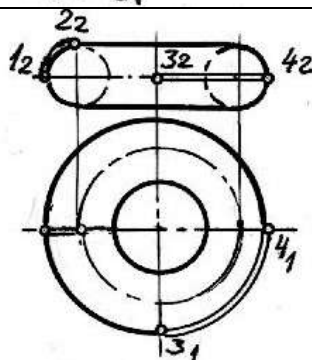
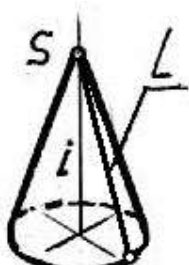
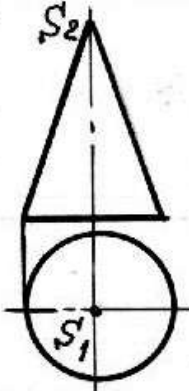
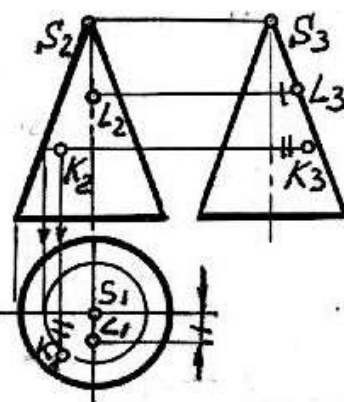
Поверхні обертання можуть бути утворені рухом обертання довільної лінії (твірної) навколо осі обертання. В залежності від типу твірної та її положення відносно осі обертання можна отримати такі поверхні:

- а) твірна — пряма лінія, паралельна до осі обертання — циліндр обертання,
- б) твірна — пряма лінія, що перетинає вісь обертання — конус обертання,
- в) твірна — пряма лінія, мимобіжна до осі обертання — гіперболоїд обертання,
- г) твірна — коло, центр якого лежить на осі обертання — сферична поверхня,
- д) твірна — коло, центр якого не лежить на осі обертання — тороїдальна поверхня і т.і.

Поверхні гвинтові — утворюються при русі твірної навколо осі по напрямній, яка є гвинтовою лінією.

Приклади деяких поверхонь обертання наведені в таблиці 1.

Таблиця 1.

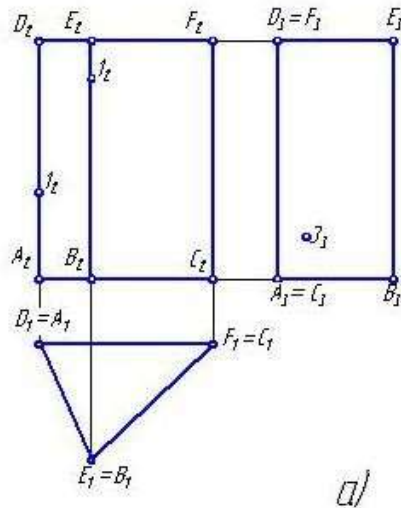
Назва і наочне зображення. Визначник поверхні.	Зображення обрису поверхні	Побудова точок на поверхні	Приклади використання поверхні в техніці
Циліндр обертання $\Sigma(l, i)$ $i$ – вісь обертання $l \perp i$ 			Вали, осі, втулки, пружини, трубо- проводи, тощо.
Сфера $\Theta(M, O, R)$ $MO=R$ 			Кульки у підшипниках, рукоятки, тощо
Тор $i$ – вісь обертання $l$ – коло 			Кільця ланцюга, шини, камери коліс, обриси маховиків
Конус обертання $\Delta(l, i)$ $i$ – вісь обертання $l \perp i$ 			Центри токарних верстатів, пробки, фаски, тощо



## ДОМАШНІ ЗАВДАННЯ

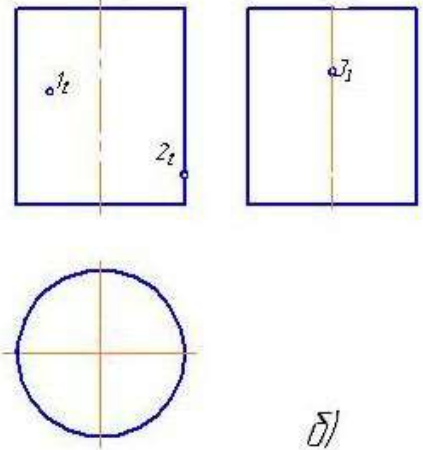
### Задача 13

Побудуйте відсутні проекції точок, які належать заданим поверхням (а, б, в, г, д). Точки вважати видимими на тих зображеннях, де задані їхні проекції. Запишіть назву кожної поверхні.



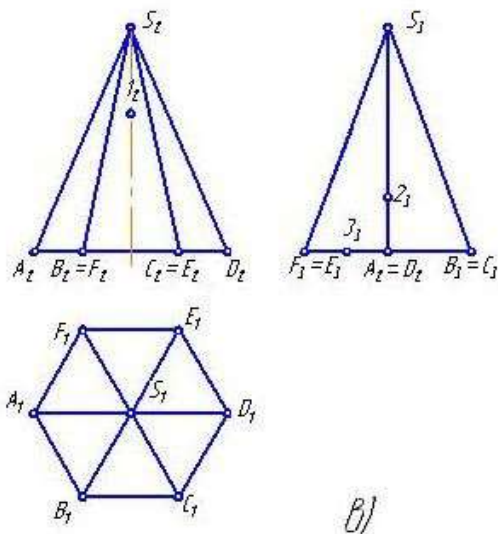
а)

Назва поверхні



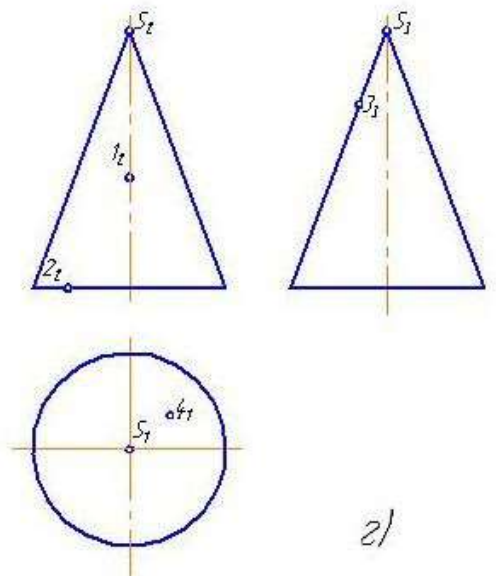
б)

Назва поверхні



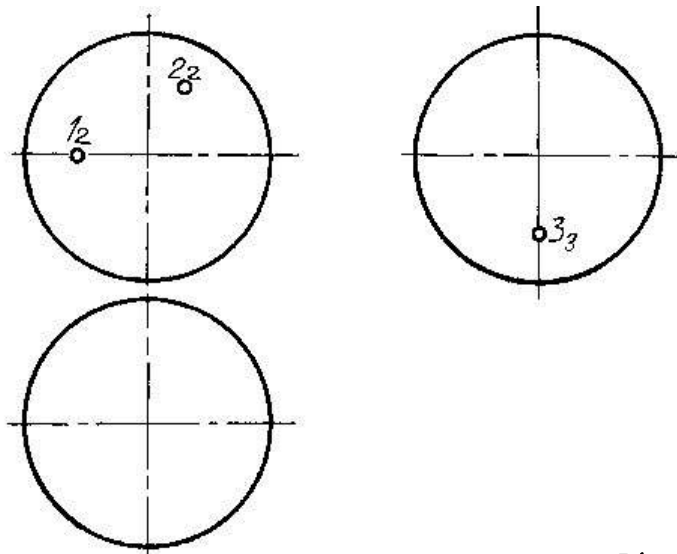
в)

Назва поверхні



г)

Назва поверхні



д)

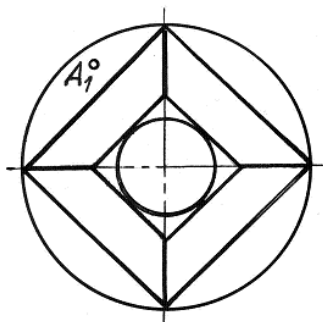
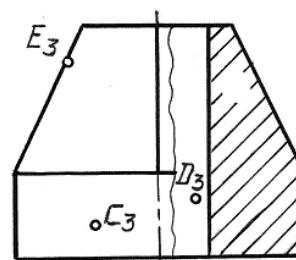
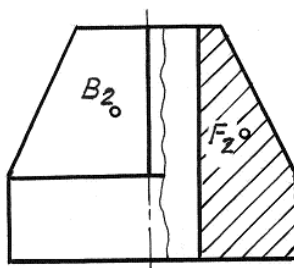
Назва поверхні
_____

### АУДИТОРНЕ ЗАВДАННЯ Задача 14

а) Побудуйте відсутні проекції точок. Точки вважати видимими на тих зображеннях, де задані їхні проекції.

б) Запишіть, які точки розташовані вище точки А:

в) яка точка розташована найвіддаленіше відносно спостерігача? \_\_\_\_\_  
яка — найближче? \_\_\_\_\_



## АКСОНОМЕТРИЧНІ ПРОЕКЦІЇ

АксонOMETричні проєкції дозволяють одержати більш наочне зображення предмета ніж його зображення в системі ортогональних проєкцій.

Суть аксонOMETричного проєкціювання полягає в тому, що предмет разом із системою ортогональних координат, до якої він віднесений, паралельно проєкціюють на аксонOMETричну площину  $\Pi'$ .

Напрямок проєкціювання не співпадає за напрямком із жодною з осей координат.

На рис. 34 дано схему проєкціювання точки  $A$  на площину  $\Pi'$ . Напрямок проєкціювання показаний стрілкою  $S$ . Осі  $OX, OY, OZ$  ортогональної системи координат проєкціюються на  $\Pi'$  в осі аксонOMETричної системи осей  $O'X', O'Y', O'Z'$ . Точка  $A'$  – аксонOMETрична проєкція точки  $A$ , точка  $A'_1$  – вторинна проєкція точки  $A$ . Залежно від напрямку проєкціювання відрізки  $O'A'_x=X', O'A'_y=Y', O'A'_z=Z'$  на аксонOMETричних осях будуть менші або більші натуральних відрізків  $OA_x=X, OA_y=Y, OA_z=Z$ .

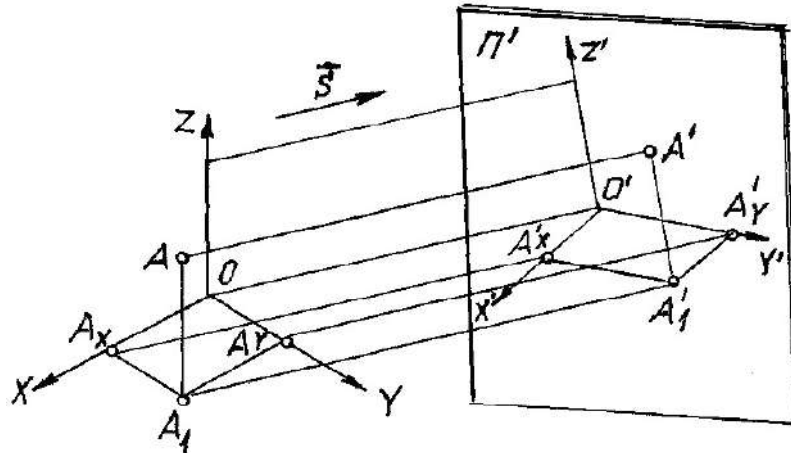


Рис.34

Відношення довжини аксонOMETричної проєкції відрізка координатної осі до довжини самого відрізка цієї осі називається коефіцієнтом (показником) спотворення.

$$\frac{O'A'_x}{OA_x} = \frac{X'}{X} = u \quad \frac{O'A'_y}{OA_y} = \frac{Y'}{Y} = v \quad \frac{A'A'_1}{AA_1} = \frac{Z'}{Z} = w$$

Отже, аксонOMETричні координати точки обчислюються за формулами:  $X'=Xu$ ;  $Y'=Yv$ ,  $Z'=Zw$ , де  $X, Y, Z$  – ортогональні координати точки. Якщо напрямок  $S$  проєкціювання перпендикулярний до площини  $\Pi'$ , то аксонOMETрична проєкція називається прямокутною, в іншому разі – косокутною. Показники спотворення зв'язані співвідношеннями:

в прямокутній аксонOMETрії –  $u^2+v^2+w^2=2$ ;

в косокутній аксонOMETрії –  $u^2+v^2+w^2=2+ctg^2\varphi$ ; де  $\varphi$  – кут між напрямком проєкціювання і площиною проєкції  $\Pi'$ .

Стандартом (ГОСТ 2.317-68, дата останньої зміни – 2006р.) передбачено використання п'яти видів аксонOMETрії.

В темі будемо розглядати прямокутну ізометрію.

### Прямокутна ізометрія.

В прямокутній ізометрії коефіцієнти спотворення по всіх трьох осях однакові:  $u=v=w$ . Підставляючи ці коефіцієнти в формулу  $u^2+v^2+w^2=2$ , одержимо точні або теоретичні показники спотворення  $u=v=w=0,82$ .

Отже,  
 $x'=0,82x$ ,  
 $y'=0,82y$ ,  
 $z'=0,82z$ .

Для спрощення побудов в ізометрії не використовують теоретичні коефіцієнти спотворення (0,82), а користуються коефіцієнтами спотворення, які дорівнюють одиниці. Їх називають **приведеними**:  $u=v=w=1$ . В результаті одержують дещо збільшене зображення, що не псує наочності. Це збільшення становить  $1/0,82=1,22$  рази. На рис.35 показано розташування осей у прямокутній ізометрії.

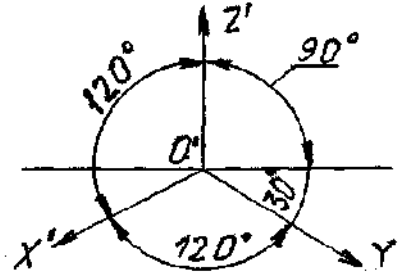


Рис.35

Зображення точки, прямої, трикутника в прямокутній ізометрії показані на рис. 36–38. Побудова куба – на рис.39.

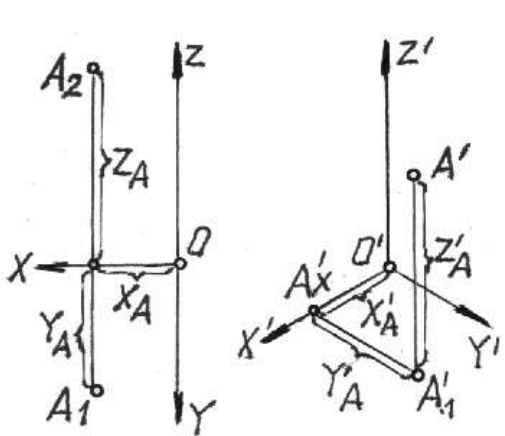


Рис.36

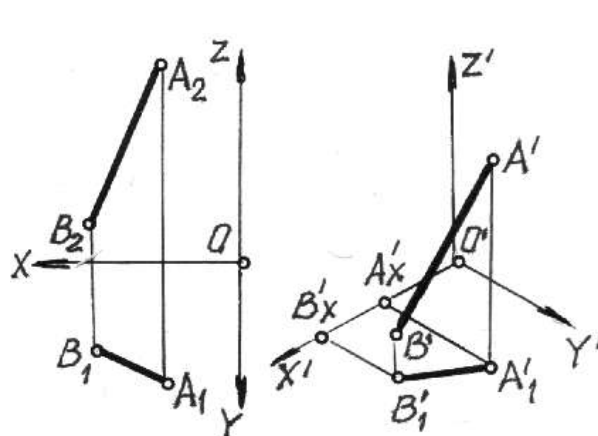


Рис.37

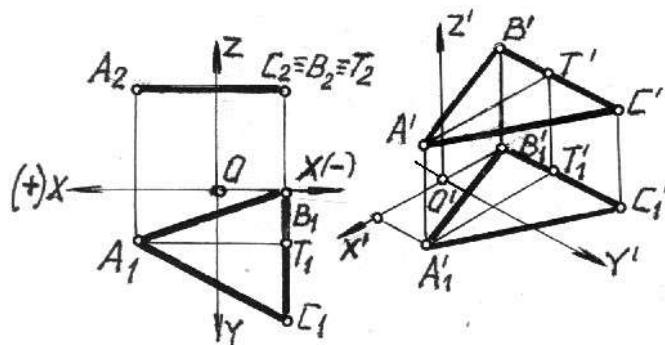


Рис.38

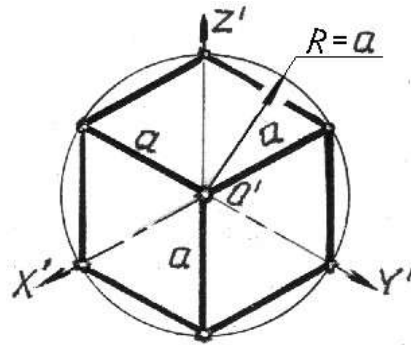


Рис.39

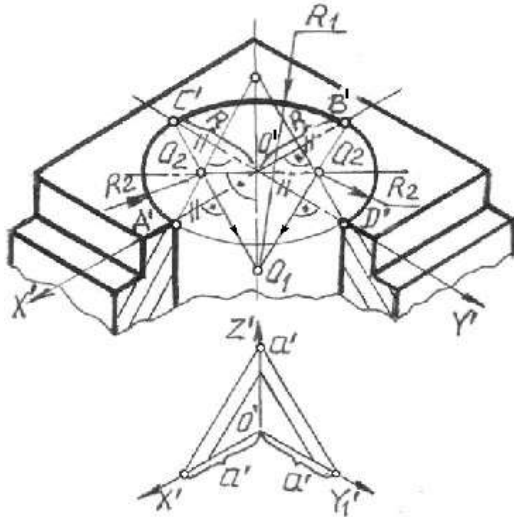
## Зображення кола в прямокутній ізометрії

Приклад побудови овалу  
в площині  $X'O'Y'$

$$O'A' = O'B' = R$$

$$O'C' = O'D' = R$$

$R$  – радіус кола,  
розташованого в  
площині  $XOY$

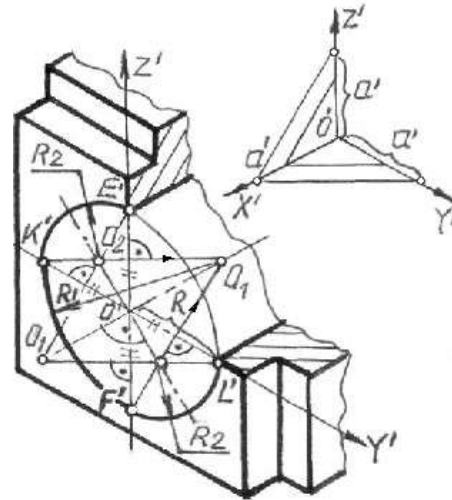


Приклад побудови овалу  
в площині  $Y'O'Z'$

$$O'E' = O'F' = R$$

$$O'K' = O'L' = R$$

$R$  – радіус кола,  
розташованого в  
площині  $YOZ$

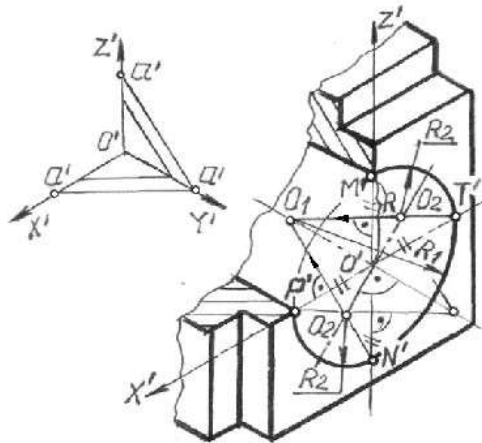


Приклад побудови овалу  
в площині  $X'O'Z'$

$$O'P' = O'T' = R$$

$$O'M' = O'N' = R$$

$R$  – радіус кола,  
розташованого в  
площині  $XOZ$



Приклади штрихування в прямокутній ізометрії.

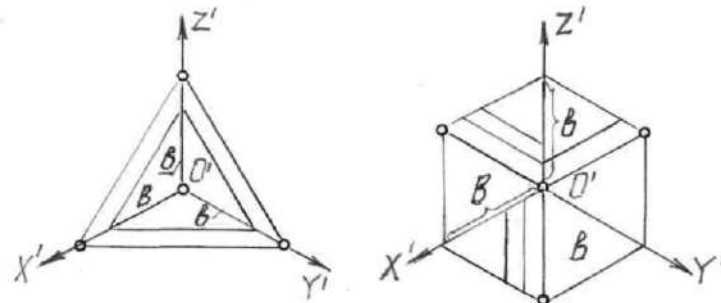


Рис.40

## ДОМАШНЄ ЗАВДАННЯ.

### Задача 15.

Дано: комплексний рисунок піраміди.

Побудуйте аксонометричне зображення піраміди в прямокутній ізометрії.

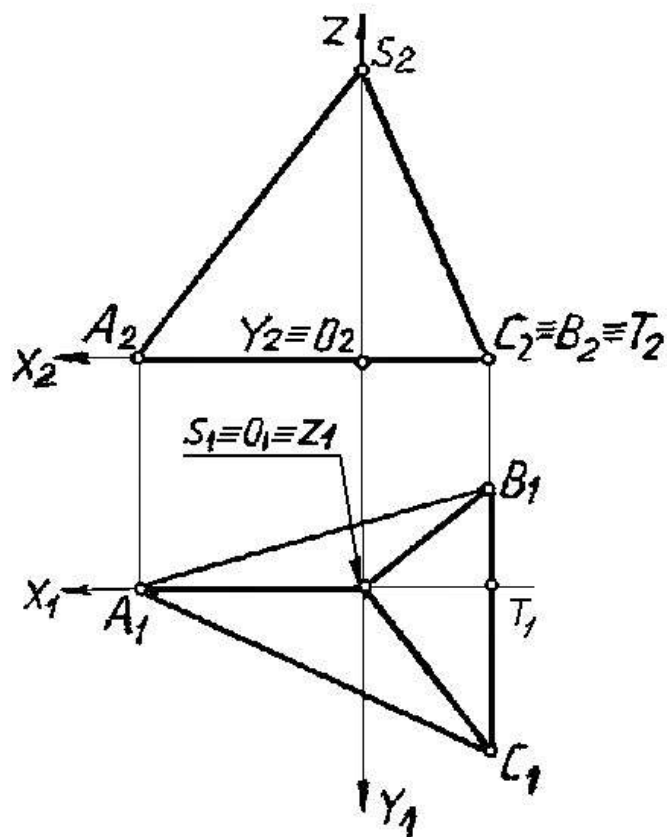
Коефіцієнти спотворення взяти приведені, запишіть їх:

\_\_\_\_\_ = \_\_\_\_\_ = \_\_\_\_\_ = \_\_\_\_\_.

Запишіть координати точки Т:  $X =$  \_\_\_\_\_

$Y =$  \_\_\_\_\_

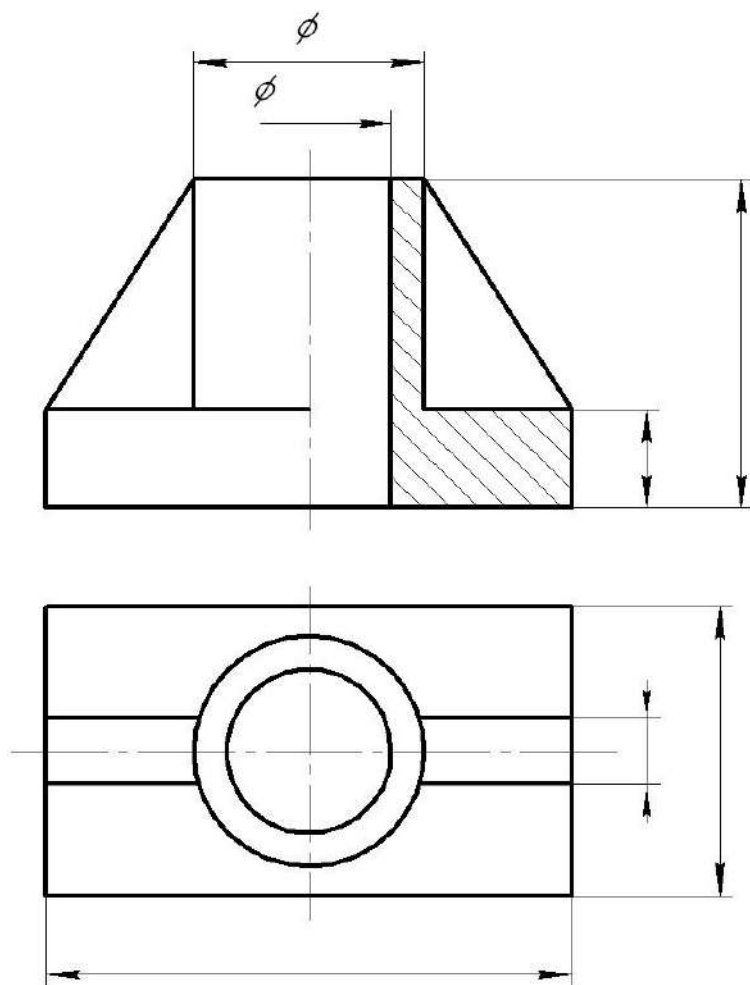
$Z =$  \_\_\_\_\_



## АУДИТОРНЕ ЗАВДАННЯ.

### Задача 16.

Дано: рисунок моделі. Побудуйте аксонометричне зображення моделі в прямокутній ізометрії.

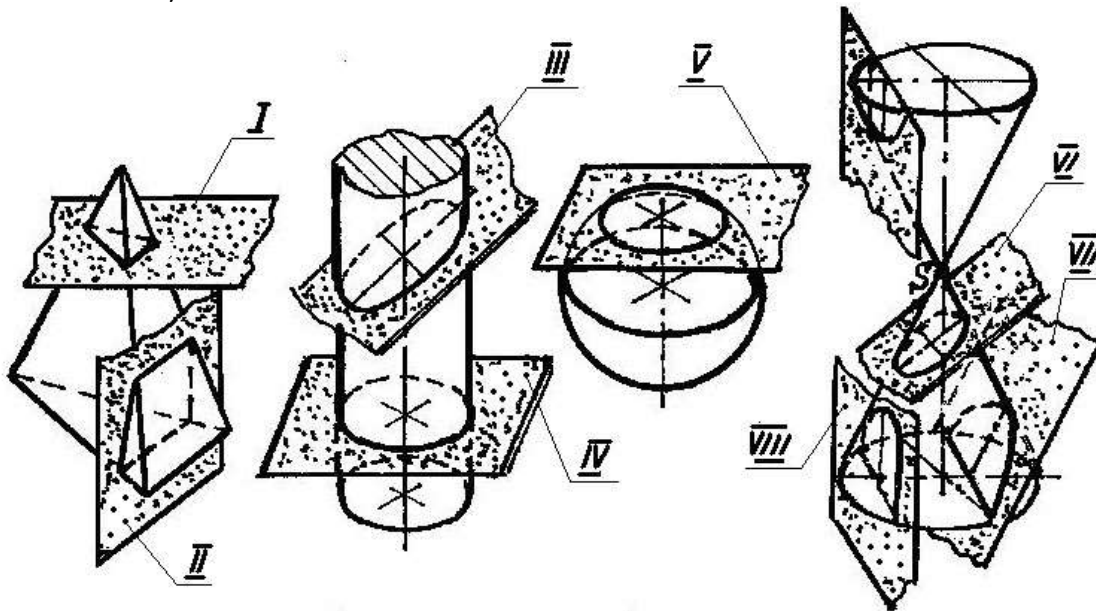


## ПЕРЕТИН ТІЛ ПЛОЩИНОЮ. ПОБУДОВА РОЗГОРТОК

### Перетин поверхні площиною. Побудова розгортки

Перетин поверхні з площиною визначає плоску лінію (лінію перерізу), форма якої залежить від форми поверхні і взаємного положення січної площини і поверхні (рис.41).

Розглянемо кілька прикладів перетину, в яких задана січна площина є площиною окремого положення.



I – трикутник, II – чотирикутник, III – еліпс, IV – коло, V – коло,  
VI – еліпс, VII – парабола, VIII – гіпербола.

Рис.41

#### Алгоритм рішення задачі:

1. Визначити форму лінії перерізу у просторі.
2. Визначити форму проєкцій лінії перерізу на всіх площинах проєкцій, на яких за умовою будуються зображення.
3. На проєкції перерізу, яка зображується прямою лінією, що співпадає зі слідом-проєкцією січної площини, позначити проєкції характерних точок шуканої лінії:
  - а) точок, які проєкціюються на контури проєкцій поверхні;
  - б) точок, за якими можна побудувати графічним прийомом всю лінію (рис. 41, 42, 43):
4. Побудувати відсутні проєкції характерних точок.
5. Побудувати проміжні точки перерізу і з'єднати усі точки у відповідній послідовності з урахуванням видимості.

Межами видимості перерізу на проєкціях є точки, які проєкціюються на обрисні твірні проєкцій поверхонь.



**Приклад 1.** Побудувати лінію перетину сфери фронтально-проекціуючою площиною (рис.42).

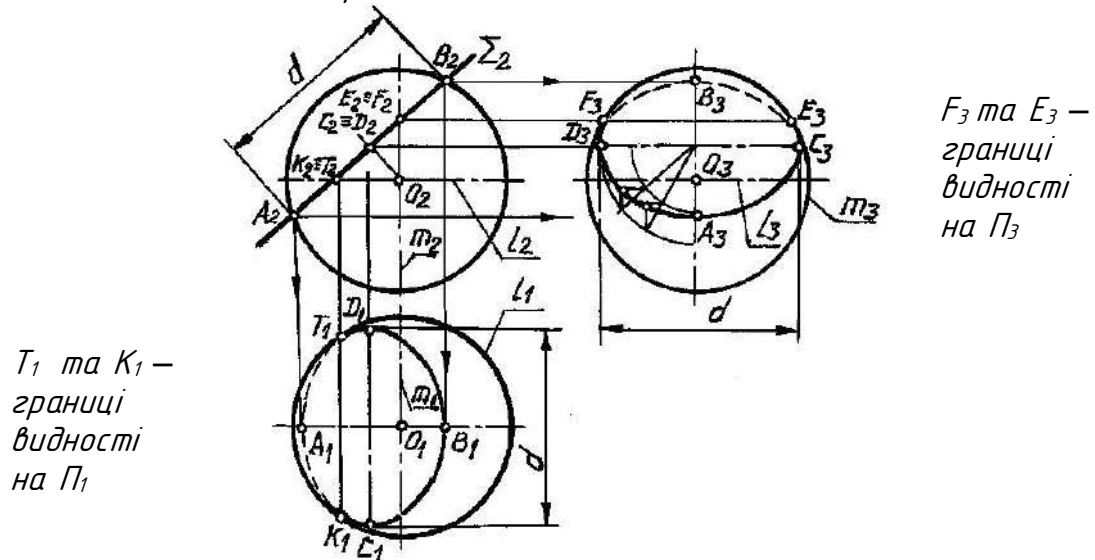


Рис.42

Переріз – коло діаметра  $d$ . Проекція кола на площину  $\Pi_2$  – пряма лінія, яка співпадає зі слідом-проекцією  $\Sigma_2$  площини  $\Sigma$ , проекції кола на площини  $\Pi_1$  і  $\Pi_3$  – еліпси. Велика вісь кожного з них дорівнює діаметру перерізу  $d$ , а величину малої осі визначають за проекційним зв'язком. На профільній проекції показано побудову проміжних точок еліпса за його осями.

**Приклад 2.** Побудувати лінію перетину конуса фронтально-проекціуючою площиною. Переріз – еліпс з осями  $AB$  і  $CD$  (рис. 43).

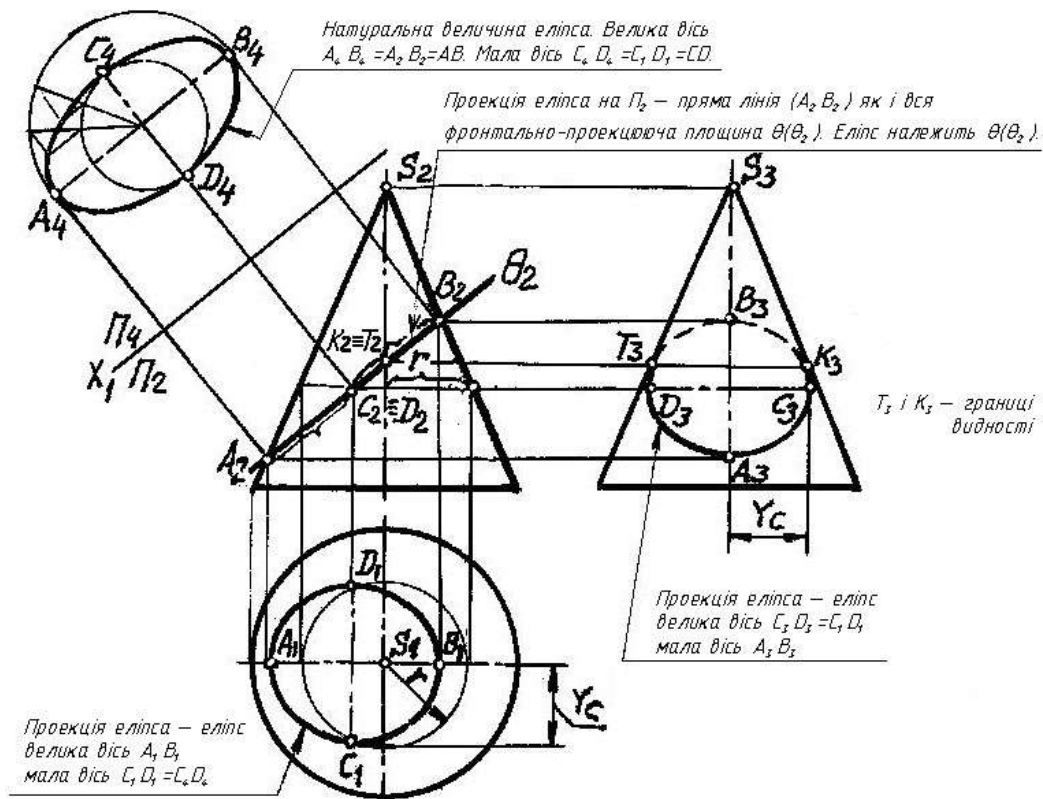


Рис.43

## Розгортки поверхонь

Уявляючи поверхню у вигляді гнучкої, але нерозтяжної плівки, можна говорити про таке перетворення поверхні, при якому поверхня сполучається з площиною без складок і розривів. Такі поверхні називаються поверхнями, що розгортаються: циліндричні, конічні, торсові.

Приклади побудови розгортки (методом розкати поверхні по площині) надані на рис.44, 45.



Рис. 44

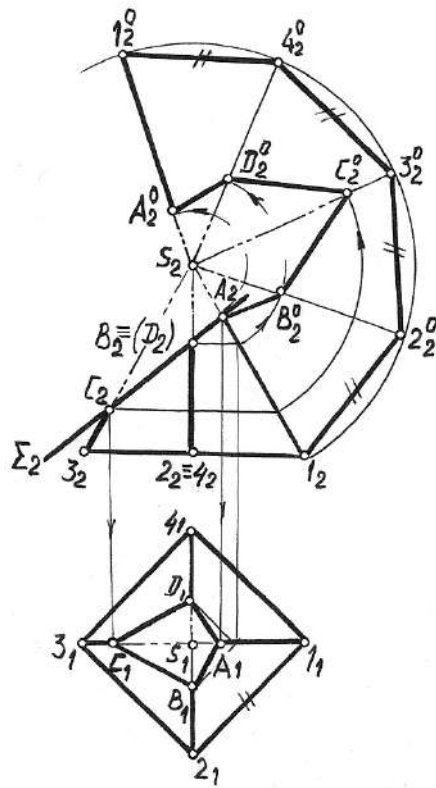


Рис. 45

*ДОДАТОК  
ТЕОРЕТИЧНИЙ МАТЕРІАЛ  
ДЛЯ ВИКОНАННЯ РОБІТ З КРЕСЛЕННЯ*

## Основні відомості оформлення креслеників

1. Кресленик виконується на аркуші паперу певного розміру – форматі за ГОСТ 2.301-68\* «ФОРМАТИ» (дата останньої зміни – 2006р.). Позначка та розміри основних форматів наведені в таблиці 1.

Таблиця 1

Позначка основного формату	A0	A1	A2	A3	A4
Розмір сторін формату, мм	1189x841	841x594	594x420	420x297	297x210

Додатковий формат створюється шляхом збільшення коротких сторін основного формату на величину, кратну їх розмірам, наприклад A4x3 (297x630).

2. Масштаби зображень на креслениках мають відповідати ГОСТ 2.302-68\* «МАСШТАБИ» (дата останньої зміни – 2006р.). Масштабом називається відношення лінійних розмірів зображення на кресленику до відповідних розмірів самого предмета. Натуральна величина – 1:1, масштаби зменшення – 1:2; 1:2,5; 1:4; 1:5; 1:10,..., масштаби збільшення – 2:1; 2,5:1; 4:1; 5:1; 10:1,...

3. Найменування, товщина, типи і призначення ліній, які застосовують для виконання креслеників, встановлені ГОСТ 2.303-68\* (дата останньої зміни – 2006р.). Товщина всіх типів ліній визначається залежно від товщини  $S$  суцільної товстої лінії, яка повинна бути в межах 0,5...1,4 мм. Тонкі лінії (осьові, виносні, розмірні, штрихові, хвилясті і т.д.) виконуються товщиною  $S/2$ ... $S/3$ .

4. Написи на креслениках виконують креслярським шрифтом за ГОСТ 2.304-81 (дата останньої зміни – 2006р.). Шрифти бувають двох типів: А і Б; з нахилом під кутом  $75^\circ$  до основи рядка або без нахилу. При виконанні розрахунково-графічних робіт для написів на креслениках рекомендується користуватися шрифтом типу Б з нахилом (див. стор. 77, 78).

5. Штрихування елементів зображення виконується за ГОСТ 2.306-68 (дата останньої зміни – 2006р.) суцільними тонкими лініями під нахилом  $45^\circ$  до рамки кресленика, або до лінії контуру зображення, або до його осі. Якщо лінії штрихування паралельні лініям контуру зображення, дозволяється виконувати штрихування під кутом  $30^\circ$  або  $60^\circ$ .

6. Розміри на креслениках проставляють відповідно до ДСТУ ГОСТ 2.307:2013. Розміри на креслениках показують розмірними числами, виносними і розмірними лініями. Розмірні лінії обмежують на кінцях стрілками. Розмірні числа визначають натуральні розміри елементів предмета в міліметрах незалежно від масштабу зображення на кресленику. Їх наносять над розмірними лініями близько їх середини.

### Розміри на креслениках

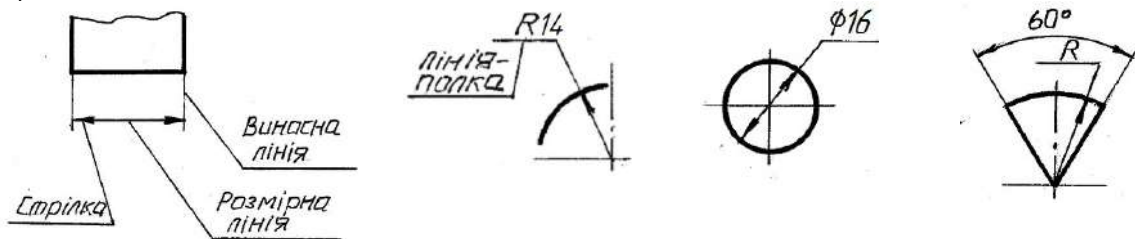
Щоб правильно прочитати на кресленику розміри і пов'язані з ними позначки, необхідно знати як їх проставляють.

Проставляючи розміри, конструктор вирішує три основні питання: які розміри поставити на кресленку, щоб для кожного елемента деталі вони були задані не тільки геометрично повно, але й технологічно правильно. При цьому потрібно вирішувати:

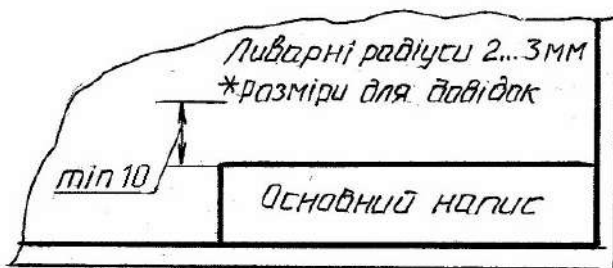
- які саме елементи деталі краще прийняти за розмірні бази для відліку і вимірювання розмірів, що контролюються;
- як краще нанести на кресленик вже визначені розміри, щоб при читанні вони були зрозумілі виробникам;
- які розміри на кресленку деталі необхідно узгодити з відповідними розмірами суміжних спряжених деталей, що знаходяться у взаємодії з даною.

Розміри на креслениках вказують розмірними лініями, паралельними відрізку, що вимірюється. Розмірні лінії впираються у виносні, які є продовженням контурних або осевих ліній відрізку, що вимірюється. Над розмірною лінією вказують розмірне число на відстані  $\approx 1...2$  мм і ближче до її середини.

Лінійні розміри — довжину, висоту, ширину; радіус, діаметр дуги кола — вказують в міліметрах (мм) без позначки одиниці вимірювання, кутові розміри — в градусах, хвилинах і секундах з позначкою одиниць вимірювання. Приклади.



Коли лінійні розміри на кресленку розміщують в технічних вимогах, то слід вказувати одиниці вимірювання; наприклад: невказані ливарні радіуси 2...3 мм.



Відстань від основного напису до тексту мінімум 10 мм.

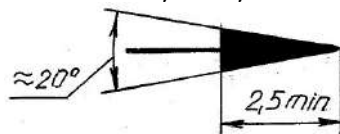
Для розмірних чисел застосовують цілі та десяткові значення чисел. Застосування простого дробу дозволяється тільки для розмірів, вказаних в дюймах, наприклад  $G1\frac{1}{2}$  — приклад позначки трудної циліндричної нарізі.

На кресленку проставляють дійсні (натуральні) розміри готової продукції, незалежно від масштабу кресленка.

Розмірні числа на одному й тому ж кресленку наносять стандартним шрифтом одного розміру, найчастіше  $h=3,5$  або  $h=5$ .

Неможна використовувати як розмірні лінії контуру, виносні, осьові, центрові лінії.

На кінцях розмірних ліній розташовують стрілки.



Стрілка повинна упиратися вістрям у виносну лінію, лінію видимого контуру, осьову або центрову лінію. Бажано розмірні лінії проводити поза контуром зображення (рис.1, рис.2).

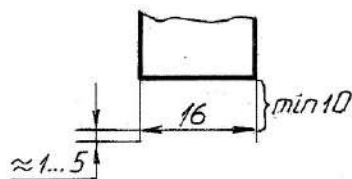


Рис.1

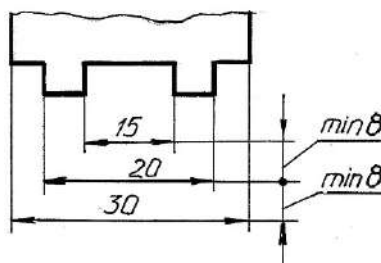


Рис.2

Виносні лінії повинні виходити за кінці стрілок розмірної лінії на 1...5 мм (рис.1). Розмірну лінію наносять на відстані, що дорівнює тіп 10 мм від паралельної до неї розмірної, контурної, осьової чи центрової лінії (рис.1). Мінімальна відстань між паралельними розмірними лініями дорівнює 8 мм (рис.2).

Розмірні числа на паралельних розмірних лініях, розташовують в шаховому порядку (рис. 2).

Перетину розмірних ліній необхідно уникати. У випадку, коли виносні лінії можуть пройти максимально наближено до ліній контуру, допускається виносні лінії проводити під будь-яким кутом до розмірної, окрім прямого, але так, щоб вони разом з розмірною лінією і вимірюваним відрізком утворювали паралелограм (рис.3).

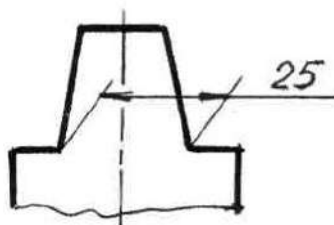


Рис.3.

Якщо відстань між виносними лініями менше 12 мм, то стрілки проставляють зовні від виносних ліній (рис.4).

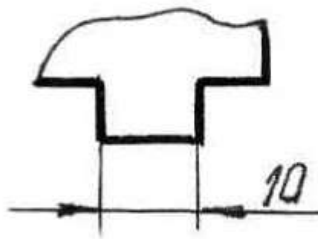


Рис.4.

Для вказування діаметра кола перед розмірним числом наносять знак „ $\varnothing$ ”, висота якого дорівнює висоті цифр розмірного числа (рис.5).

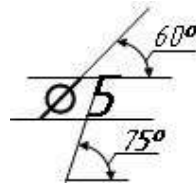


Рис.5.

Для вказування радіуса дуги, використовують знак „R” (рис.6).

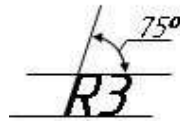


Рис.6.

Якщо дуга кола  $\leq 180^\circ$ , то використовують знак „R”, якщо  $>180^\circ$ , то „ $\varnothing$ ” (рис. 7).

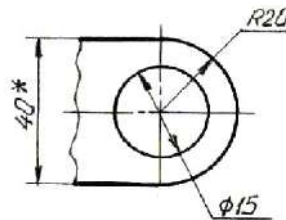


Рис.7.

При необхідності координування положення центру радіуса, дозволяється умовно наближати центр до дуги, а розмірну лінію радіусу креслити зі зломом під  $90^\circ$  (рис.8)

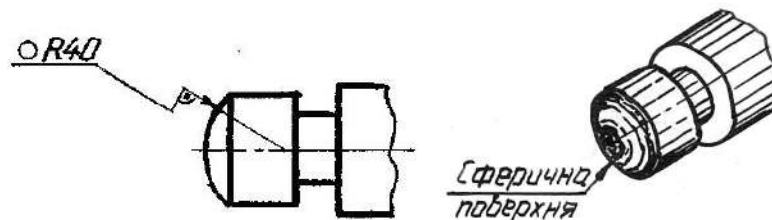


Рис.8.

○ — знак сферичної поверхні.

Різні за величиною радіуси, проведені з одного центру не повинні бути продовженням один одного (рис.9)

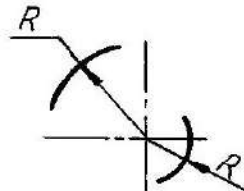


Рис.9

Розмірні числа проставляють над розмірною лінією, або зліва від розмірної лінії, або за наступною схемою (рис.10):

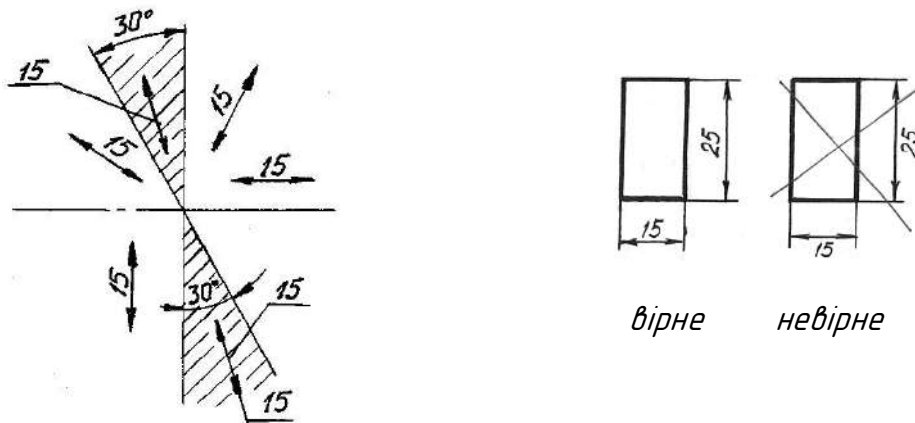


Рис.10.

В заштрихованих зонах розмірні числа наносять на горизонтальній поличці лінії-виноски (рис.10).

Простановка кутових розмірів (рис.11).

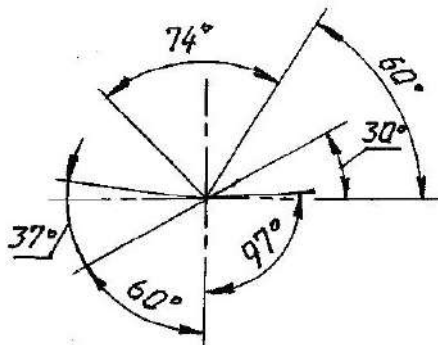


Рис.11.

Коли відстань між паралельними прямими контурними лініями мала, допускається стрілки розмірних ліній замінити точками чи засічками під  $45^\circ$  (рис.12).

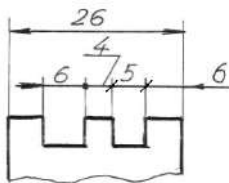


Рис.12.

Якщо не вистачає місця для стрілок через близьке розташування контурних ліній, допускається ці лінії переривати (рис.13).

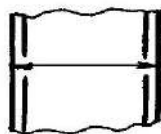


Рис.13.

Розміри однакових елементів деталі на різних її зображеннях (видгах, розрізах, перерізах) повторювати не дозволяється. Якщо у



деталі є округлення (спряження) кутів, то окрім радіусів треба наносити розміри, що визначають положення вершин кутів, що округлюються(рис.14).

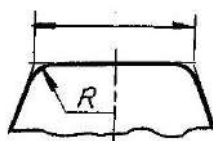


Рис.14.

Познака квадратних форм деталей(рис.15).



Рис.15.

Розміри фасок (фаска має форму зрізаного конуса, якщо виконана на поверхнях обертання – конус або циліндр).

Якщо фаска виконана під  $45^\circ$ , то ці два параметри (висота зрізаного конусу і нахил твірної) об'єднують (рис.16). Якщо кілька фасок однакові за розміром, під розмірною лінією записують їх кількість (рис.16).

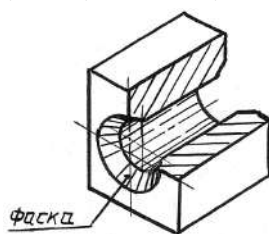
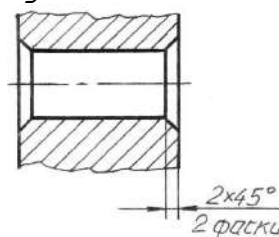


Рис.16.



Якщо фаска виконана під кутом, що не дорівнює  $45^\circ$ , то наносять два розміри окремо: висоту конусу і нахил твірної відносно або горизонтальної осі, або вертикальної (рис.17).

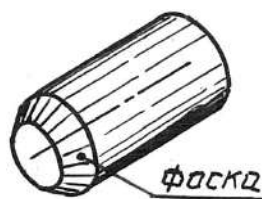
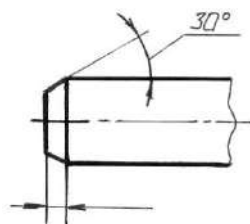
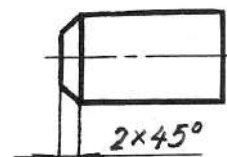


Рис.17.



### Вказівки до нанесення розмірів

1. Загальна кількість розмірів на кресленнику повинна бути мінімальною, але достатньою для виготовлення і контролю виробу.

2. Розміри, що відносяться до одного й того ж конструктивного елемента (пазу, виступу, отвору) рекомендується групувати, розташовуючи їх на тому зображенні, на якому геометрична форма елемента показана найбільш повно(рис.18,19).

### Приклад

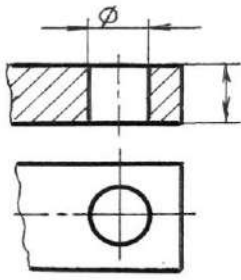


Рис.18.

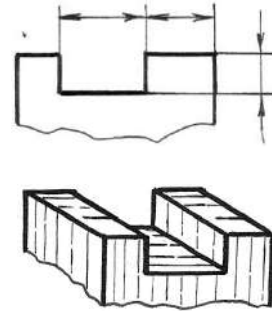
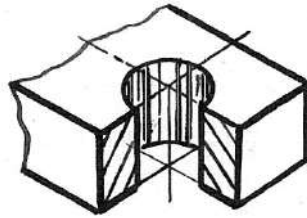


Рис.19.

Розміри, що визначають положення симетрично розташованих поверхонь симетричних виробів, наносять один раз, не вказуючи їх кількості. Наприклад, розміри однакових радіусів  $R5$  (рис.20).

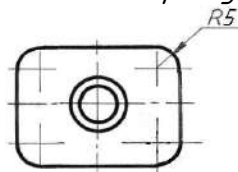


Рис.20.

Розміри декількох однакових елементів виробу, наносять один раз вказуючи на полиці лінії-виноски кількості цих елементів. При цьому кількість отворів пишуть або перед розміром діаметра отвору (4отв.  $\varnothing 10$ ), або під розмірною лінією ( $\frac{\varnothing 10}{4отв}$ ) (рис.21).

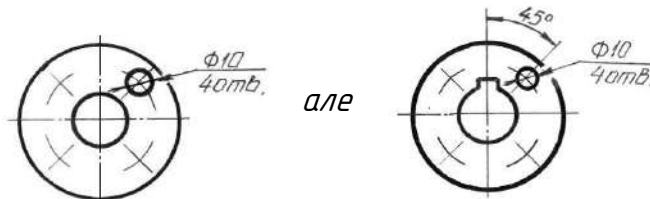


Рис.21

Якщо дається одне зображення деталі, наприклад, прокладка (а) або куточок (б), розмір її товщини ( $s6, s4$ ) чи довжини ( $L100$ ), вноситься на лінії полиці-виносці (рис.22).

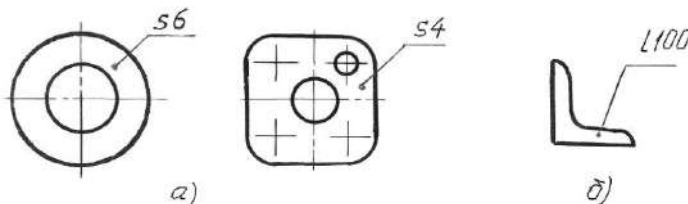


Рис.22

Розміри на глухих отворах (рис.23).

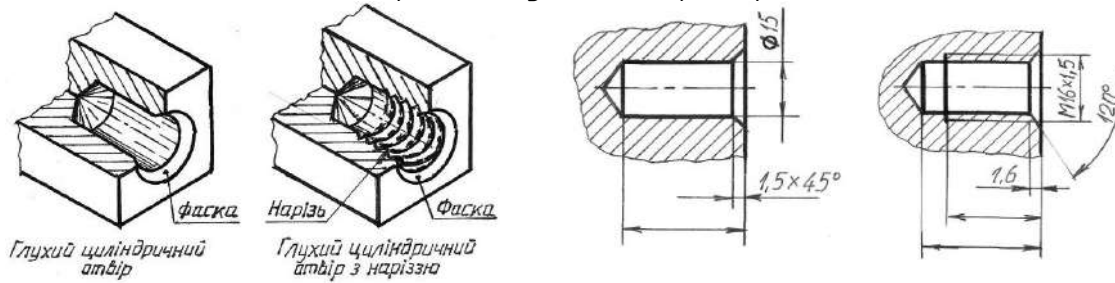
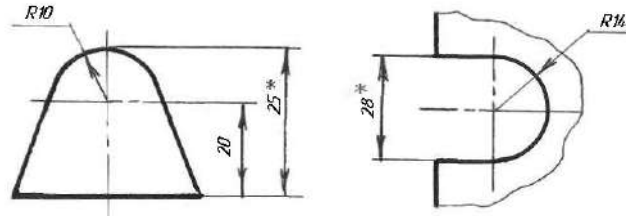


Рис.23.

Розміри, що не належать виконанню за даним креслеником і вказуються для більшої зручності користування креслеником, називають довідковими. Вони позначаються \*, а в технічних вимогах пишуть: „\* Розміри для довідок”. (рис.24,25)

До довідкових розмірів належать:

- 1) один з розмірів замкненого розмірного ланцюга;



\*Розміри для довідок

Рис.24.

- 2) розміри, що перенесені з креслеників виробів-заготовок.

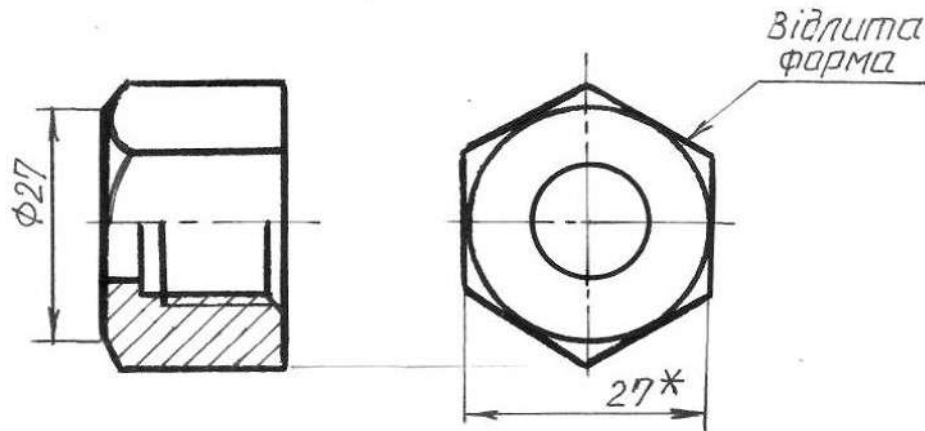


Рис.25.

При суміщенні вигляду з розрізом, розміри для зовнішніх поверхонь наносять зі сторони вигляду, внутрішніх — зі сторони розрізу. (зразок на стор.74, 84)  
При неможливості нанесення розмірної лінії повністю, проводять її частину, трохи заводячи за основну осьову лінію (рис.23) — (120°, стор.74 — ( $\Phi 16$ )).

## Конусність

Конусність — це відношення різниці двох діаметрів конуса до його висоти або довжини(зрізаний конус). (рис.26)

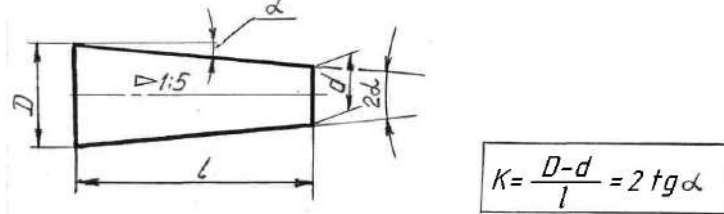


Рис.26.

Для не зрізаного конуса: (рис.27)

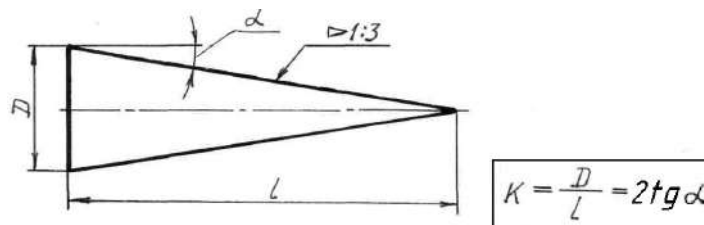
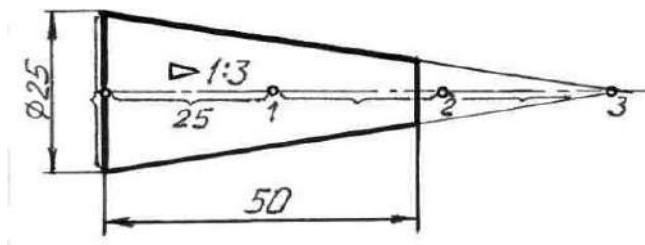


Рис.27.

Величину конусності вказують знаком: „▷” у вигляді рівнобедреного трикутника і числовим відношенням, наприклад ▷1:5 чи в процентах ▷ 30%.

Кут нахилу позначки спрямований в сторону нахилу конусу.

Приклад: Побудувати конус з діаметром кола 25 мм, довжиною 50 мм, конусність ▷1:3;



Стандартизовані значення конусностей

1:12	1:10	1:8	1:7	1:5	1:3
------	------	-----	-----	-----	-----

## Спряження

Спряженням називають плавний перехід від однієї прямої чи кривої лінії до другої прямої чи кривої лінії.

Точку дотику „А” називають точкою спряження.

Центром спряження називають точку, рівновіддалену від спряжуваних ліній a і b.

Для визначення центра спряження необхідно побудувати геометричне місце точок, рівновіддалених від заданих ліній і знайти точку їх перетину.

Геометричним місцем точок, рівновіддалених від прямої, є паралельна до неї пряма (при розташуванні у площині), що лежить на заданій відстані від неї (рис.28).

### Приклади побудови спряжень

Спряження двох прямих  $a$  і  $b$

Спряження прямої  $a$  та дуги  $b$

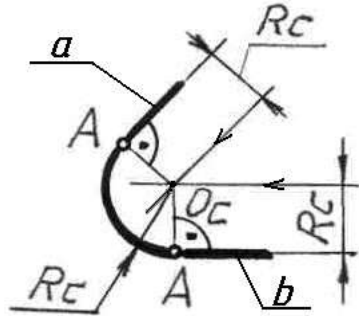


Рис.28.

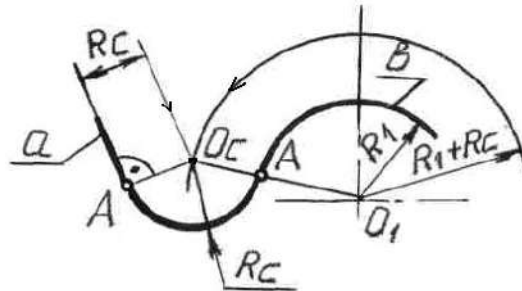


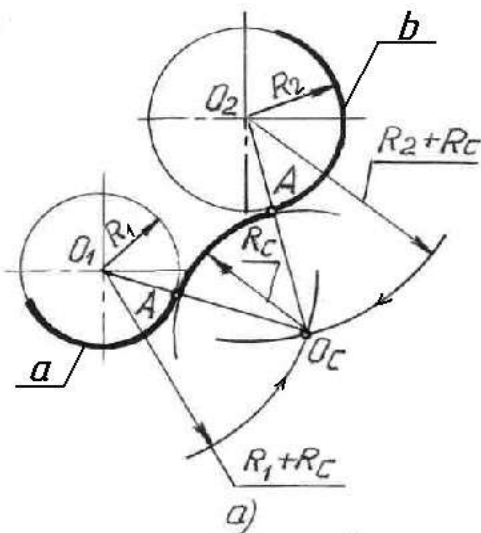
Рис.29.

$R_c$  – радіус спряження

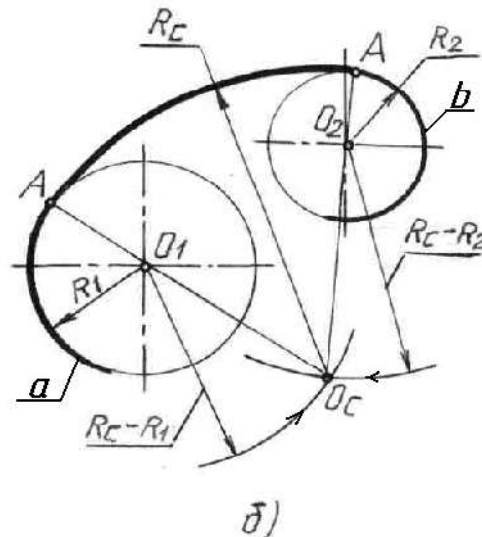
$R_1$  – радіус дуги, яка спряжується з прямою  $a$ .

Геометричним місцем точок, рівновіддалених від дуги кола в площині, є концентричне коло(при розташуванні у площині) (рис.29).

Розрізняють зовнішнє і внутрішнє спряження двох дуг (рис.30).



Спряження зовнішнє



Спряження внутрішнє

Рис.30.

## ЗОБРАЖЕННЯ: ВИДИ, РОЗРІЗИ, ПЕРЕРІЗИ (ГОСТ 2.305:2008)

**Видом** називають зображення, що звернуте до спостерігача, видимої частини поверхні предмету. Основних виглядів шість (рис. 31):

- 1 – вид спереду або головний вид;
- 2 – вид зверху;
- 3 – вид зліва;
- 4 – вид справа;
- 5 – вид знизу;
- 6 – вид ззаду.

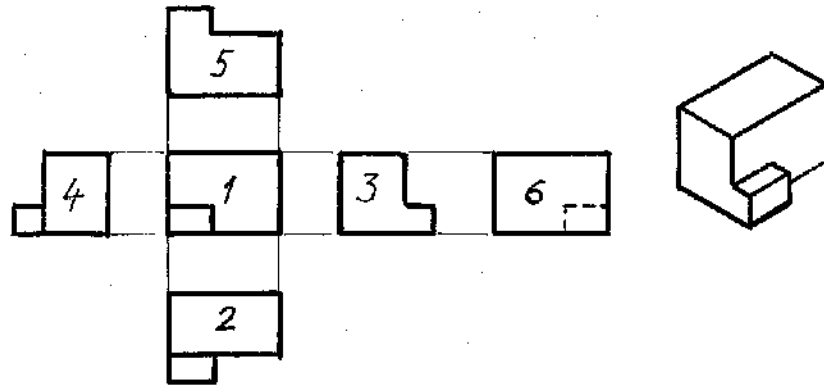


Рис.31

Головним називають зображення, яке дає найбільш повну уяву про форму і розміри виробу, тобто містить найбільшу інформацію. Тоді за іншими зображеннями буде легше зрозуміти окремі елементи виробу, не розкриті на головному виді. Види розташовують у проекційних зв'язках один відносно іншого (рис.32).

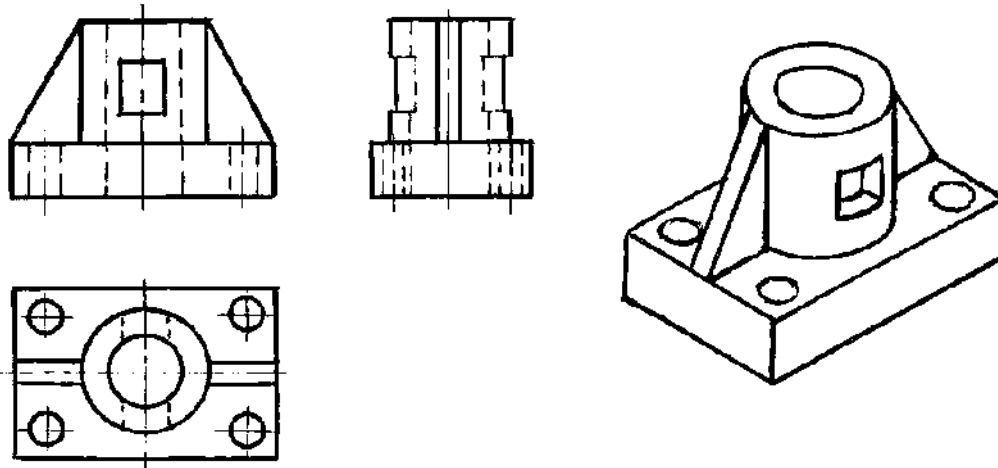


Рис.32

При порушенні проекційних зв'язків позначається напрям погляду на зміщене зображення (рис.33)

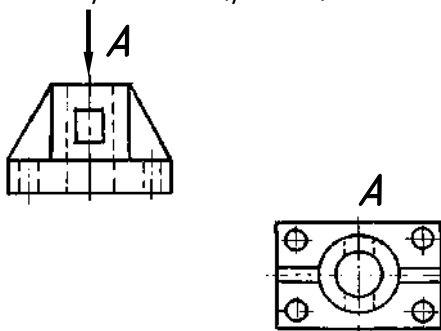


Рис.33.

Окрім основних шести видів бувають додаткові (отримані шляхом проєкціювання на додаткову площину, не паралельну до основних) (рис.34) і місцеві (зображення окремої, обмеженої частини поверхні предмета) (рис.35).

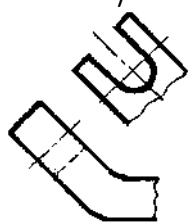


Рис.34

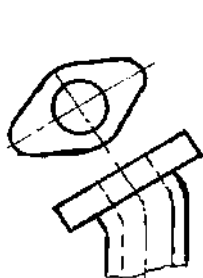


Рис.35

Для зручності читання кресленника головне зображення, як правило, повинно відповідати розташуванню виробу при виконанні основної операції технологічного процесу його виготовлення чи складання, а розташування виробів, що мають явно виражений верх чи низ (станина станка, корпус редуктора, стіл, транспортні засоби та інше) повинно відповідати їх нормальному положенню в експлуатації.

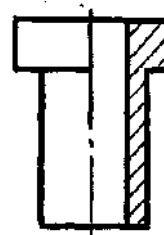
Розглянемо головне зображення на креслениках типових деталей:

1. Деталі, що мають форму тіла обертання, зазвичай зображуються горизонтально, тобто вісь обертання паралельна до основного напису кресленника. Таке зображення зумовлено положенням деталі при її обробці на станку.



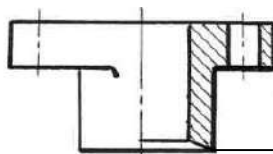
рекомендовано

вісь обертання

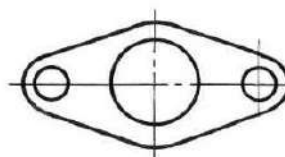


не рекомендовано

2. Корпуси, фланці, кришки і інші подібні деталі, виготовлені литтям з наступною механічною обробкою (фрезування, стругання тощо) прийнято зображати так, щоб основна оброблена площа деталі (зазвичай привалкова) розташовувалась горизонтально відносно основного напису кресленника.



Основна площа



3. Плоскі деталі з листового матеріалу зображають на креслениках таким чином, щоб вісь симетрії була горизонтальною чи вертикальною.

**Розрізом** називають зображення, уявно розітнуте однією (простий розріз) чи декількома (складний розріз) січними площинами. В розрізі зображено те, що розташовується в січній площині, і те, що видно за нею.

Зображення, яке знаходиться в січній площині (тобто безпосередньо в перерізі), заштриховують на всіх проекціях, окрім ребер жорсткості, які у поздовженому розрізі (вздовж довжини або висоти) не заштриховують.

Штриховка під кутом  $45^\circ$ . Суміщують вид і розріз при симетричних деталях, при цьому розріз частіше розташовують праворуч вертикальної осі (на головному і виді зліва) чи знизу (на виді зверху) від горизонтальної осевої лінії (рис. 36).

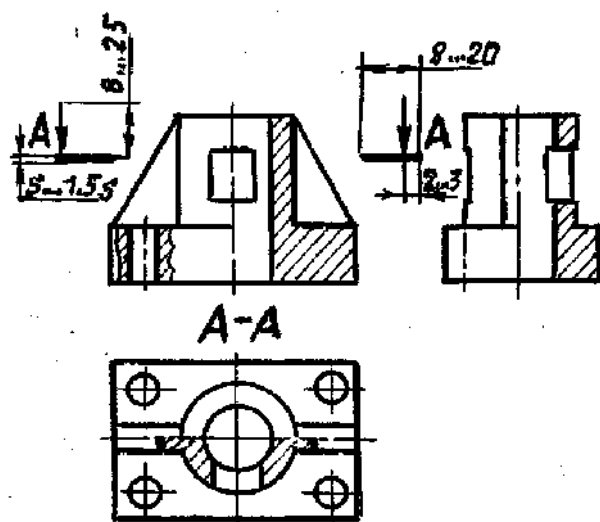


Рис.36

Прості розрізи розділяють на:

- 1) горизонтальні (січна площина паралельна  $\Pi_1$ ) – на виді зверху;
- 2) вертикальні:
  - а) фронтальні (січна площина паралельна  $\Pi_2$ ) – на головному виді;
  - б) профільні (січна площина паралельна  $\Pi_3$ ) – на виді зліва;
- 3) похилі – січна площина не паралельна  $\Pi_1$ ,  $\Pi_2$ ,  $\Pi_3$ . (рис.37)
- 4) місцеві (місцеві розрізи обмежуються хвилястими лініями). (рис.38)

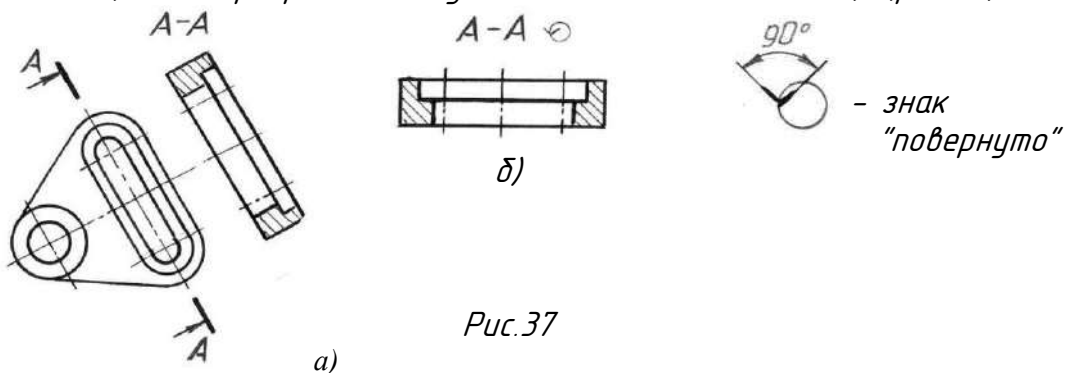


Рис.37



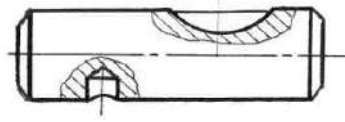


Рис.38

Розріз позначають слідом січної площини зі стрілками, що вказують напрям погляду з літерами біля них з зовнішніх боків, а над самим зображенням розрізу робиться напис, наприклад А-А, якщо січна площина проходить не через вісь симетрії деталі. Літери записують шрифтом на номер або два номери більше за номер шрифту, прийнятий на всьому кресленнику.

Якщо на зображенні з віссю симетрії співпадає яка-небудь лінія, наприклад, проекція ребра, то вид відокремлюють від розрізу суцільною хвилястою лінією, що проводиться лівіше чи правіше осі симетрії так, як показано на рис.39.

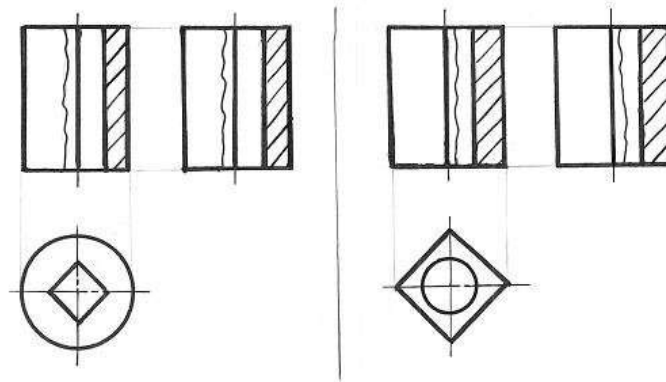


Рис.39

### Розрізи складні

Складними називаються розрізи, які отримують за допомогою двох та більше січних площин. Вони застосовуються у тих випадках, коли кількість елементів деталей та їх розташування не можуть бути зображені на простому розрізі однією січною площиною, і це викликає необхідність застосування декількох січних площин.

Складні розрізи розподіляються на східчасті і ламані. Вони можуть бути також, як і прості розрізи, горизонтальними, фронтальними і профільними. Складні розрізи можуть бути і комбінованими, тобто такими, які складаються з східчастого і ламаного.

### Розрізи складні східчасті

Східчастими розрізами називаються розрізи, виконані кількома паралельними січними площинами.

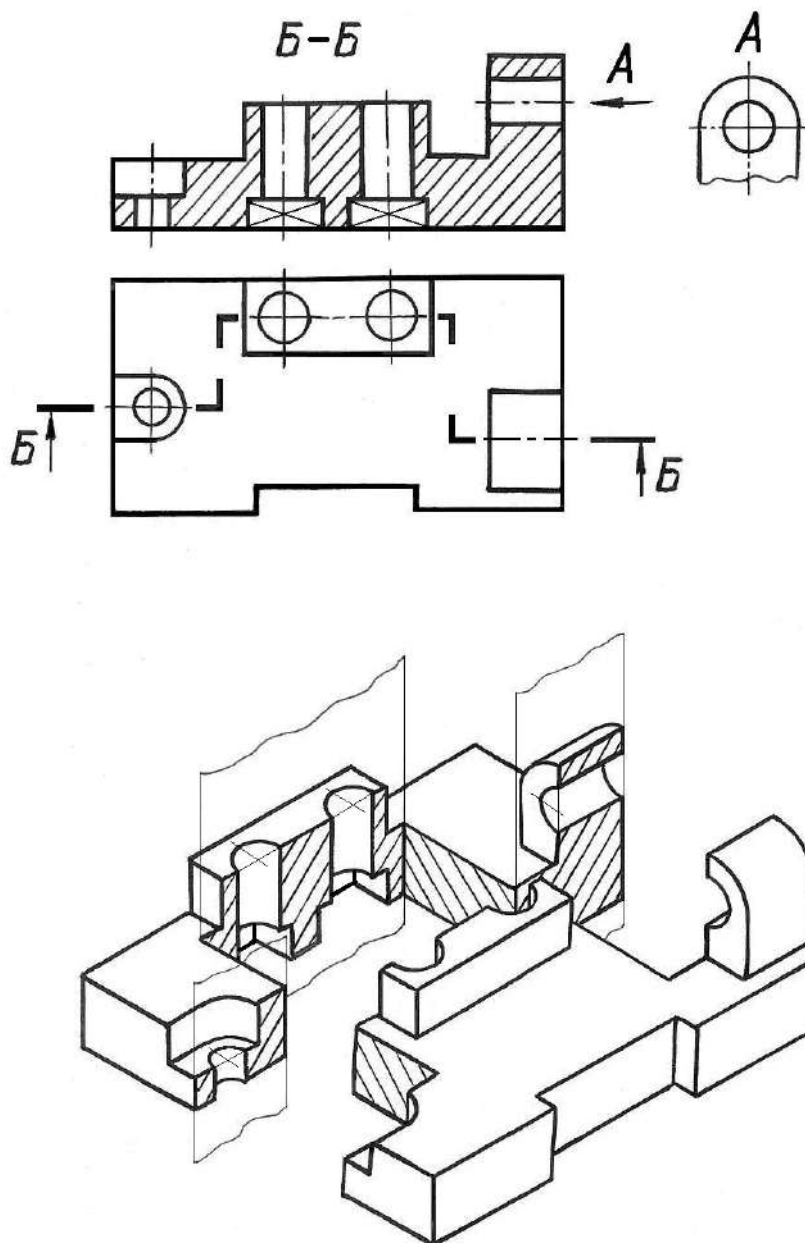



Рис. 40

На рис. 40 наведено приклад виконання фронтального східчастого розрізу. Розріз зроблено трьома паралельними січними площинами.

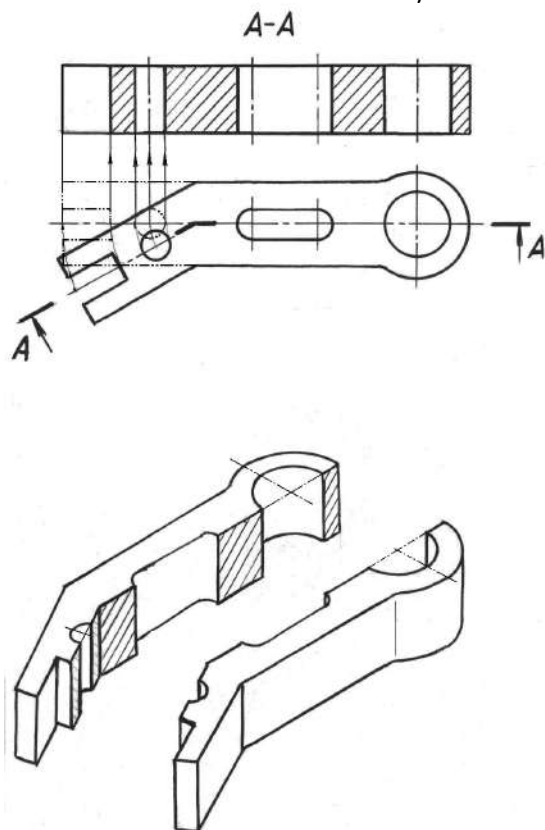
Положення січних площин вказується розімкненою лінією зі стрілками, відміченими однаковою літерою. Лінії перерізів мають також злами, які показують місце переходу від однієї січної площини до іншої. Ці злами виконуються штрихами розімкненої лінії . Наявність зламів у лінії перерізу не відображується на графічному оформленні складного розрізу (тобто виконується як простий). Над розрізом наносять напис, який вказує позначка січних площин.

## *Розрізи складні ламані*

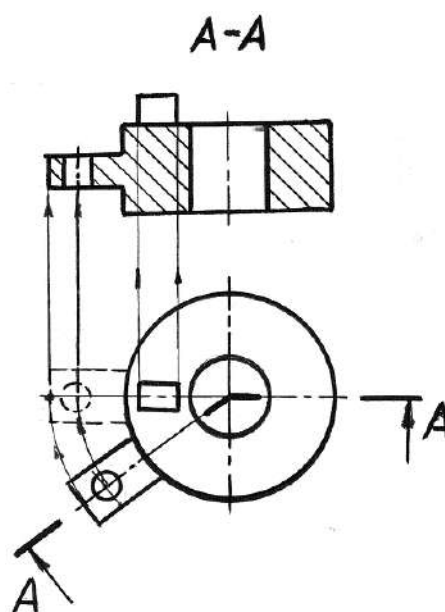
*Ламаними називаються розрізи, отримані шляхом розтинання предмета непаралельними площинами, а такими січними площинами, які перетинаються.*

*На рис. 41 деталь уявно розітнена двома січними площинами, які перетинаються, одна з яких є фронтальною. Січна площина, що розташована лівише, повертається навколо лінії перетину січних площин до суміщення з фронтальною січною площиною.*

*При виконанні ламаного розрізу елементи деталі, розташовані за січними площинами не повертаються, а проєктуються без змін. (рис.42)*



*Рис. 41*



*Рис. 42*

## *ПЕРЕРІЗИ*

*На відміну від розрізу, в перерізі показують лише те зображення, що розташовано безпосередньо в січній площині.*

*Якщо січна площина проходить через вісь поверхні обертання, то контур отвору в перерізі показують повністю (рис.43).*

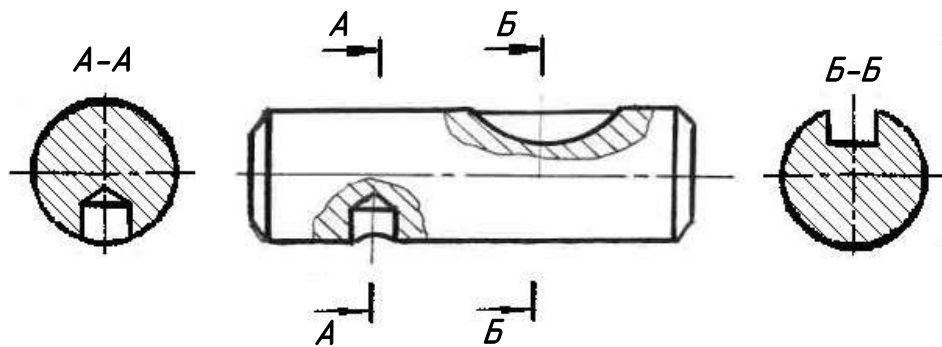


Рис.43

За формою перерізу ділять на симетричні(рис.44) і несиметричні(рис.45)

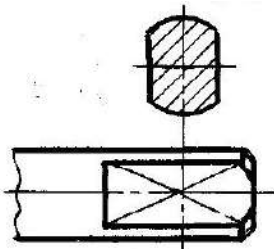


Рис.44

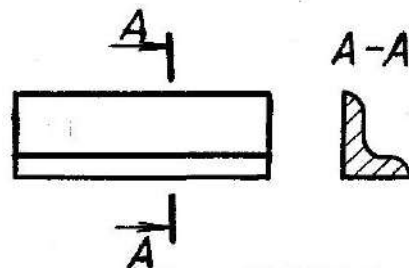


Рис.45

За характером виконання – накладені(рис.46), винесені(рис.44,45) чи розташовані в розриві(рис.47).

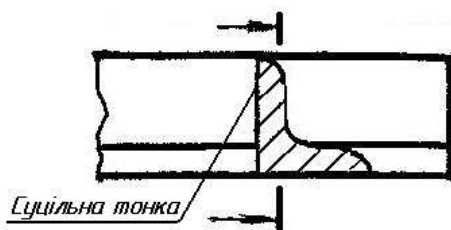


Рис.46

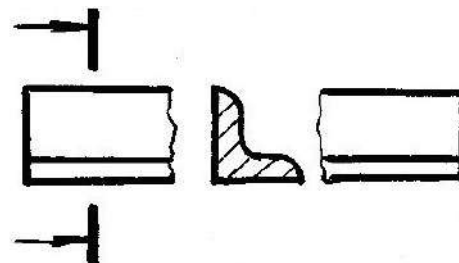


Рис.47

## НАРІЗІ

В сучасному приладобудуванні застосовують роз'ємні з'єднання. Вони дають можливість розібрати з'єднані деталі (складальну одиницю), не зламавши їх. Найбільшу розповсюдженість отримали нарізеві з'єднання (гвинтові поверхні).

Гвинтовий рух точки – це рівномірно поступальний рух з одночасним обертанням навколо осі. Якщо подібний рух утворює будь-який плоский контур, то отримується нарізь. (трикутна, трапецеїдальна, прямокутна)

Вироби з гвинтовою поверхнею розповсюджені у машинобудуванні. Такі вироби можна поділити на

1. кріпильні деталі (болти, гвинти гайки, шпильки тощо).
2. деталі для передачі обертання або перетворення обертального руху у поступовий – ходові, вантажні, підйомні (зубчасті зачеплення).

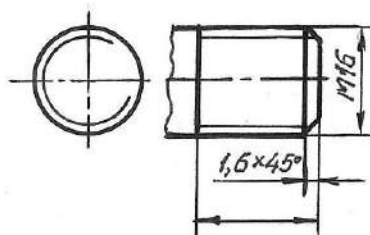
Гвинтова лінія, яка розташована на поверхні прямого кругового циліндра називається циліндричною (циліндричні нарізі: метрична – М, трубна циліндрична – Ї, трапецеїдальна – Тг, упорна – S, прямокутна).

Відповідно, на конусі – конічною гвинтовою лінією (конічні нарізі: трубні конічні: зовнішня – R і внутрішня – Rc; метрична конічна – МК).

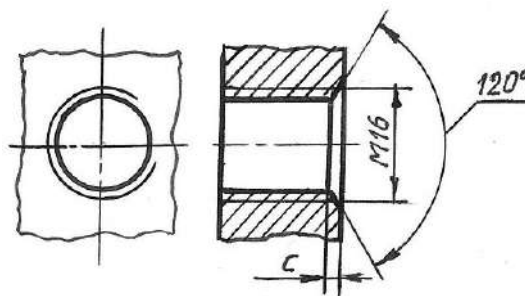
Може бути сферичною та глобоїдною (на гіперболоїді).

Розрізняють ліву та праву нарізь. Права нарізь – обертання за годинниковою стрілкою, ліва – проти годинникової стрілки.

### *Зображення та позначка нарізі.*

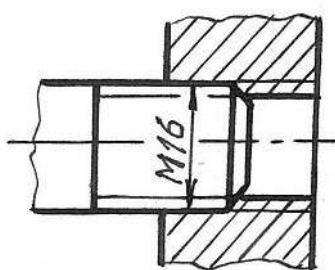


*Зовнішня нарізь*

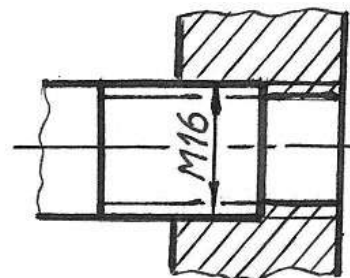


*Внутрішня нарізь*

### *З'єднання нарізеві*

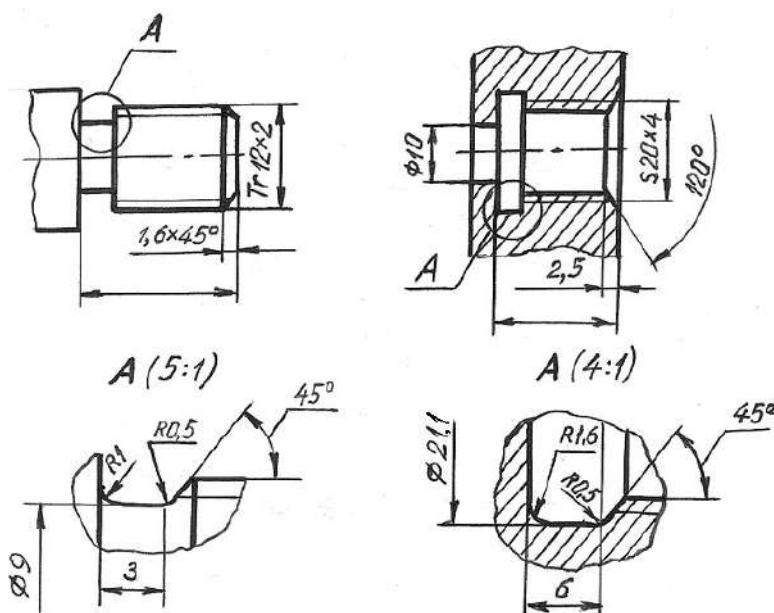


*Конструктивне зображення*

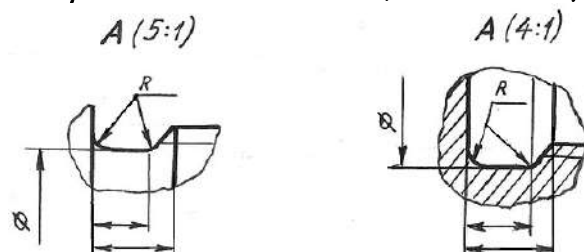


*Спрощене зображення*

*Проточки під нарізь, які виконуються на деталях,  
розроблених до 1985 року*



*Проточки під нарізь ГОСТ 27148-86 (ISO 3508-76, ISO 4755-83)*



*Рекомендації для постановки розмірів  
Групування розмірів*

Розміри поділяють на три групи і наносять у наступній послідовності (див. приклад на стор. 74, 82-85).

1 група. Розміри елементів (розміри форми).

Деталь розбивають на найпростіші геометричні фігури (циліндр, конус, призма та ін.). Розміри, що відносяться до одного й того ж конструктивного елемента (паза, виступу, отвору) рекомендується групувати в одному місці, розташовуючи їх на тому зображенні, на якому геометрична форма елемента показано найбільш повно.

2 група. Координаційні розміри.

Вони визначають положення окремих елементів деталей відносно вибраних баз, міжцентрові і міжосьові відстані.

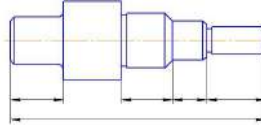
3 група. Габаритні розміри.

Найбільша довжина, ширина і висота виробу.

## Способи нанесення розмірів на валах

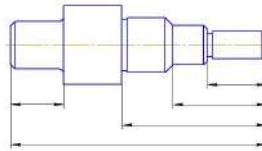
### 1. Ланцюговий.

Перевага — наочність. Недолік — сума похибок при виконанні окремих елементів.



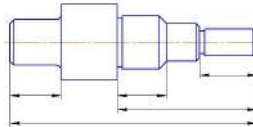
### 2. Координатний.

Перевага — нема нарощування похибок. Недолік — нема наочності.



### 3. Комбінований.

Найбільш переважний. Забезпечує наочність і малу похибку при виготовленні.

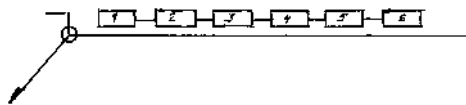
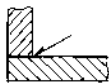


## З'єднання нероз'ємні

З'єднання нероз'ємні — це з'єднання, які не можна розібрати, не порушив з'єднувальних деталей. Наприклад: зварювання, паїка, склейка, кліпання та інші. Зварювання — це з'єднання, які створюються за допомогою електродів або інших пристроїв. За високою температурою відбувається розплавлення металу та присадки (матеріалу електрода або інших).

## Умовне позначення зварювання на кресленку.






### Структура умовної позначки

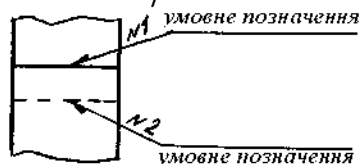


1. Номер стандарту на типи швів і метод зварювання.
2. Літерно-цифрова позначка шва.
3. Умовна позначка способу зварювання.
4. Знак і значення катета шва.
5. Для переривчастих або точкових швів — довжина звареної ділянки.
6. Допоміжні знаки.
7. Допоміжні знаки шва "по замкненій лінії" і "шов, виконаний під час монтажу".

### Значення допоміжного знака

- ┐ — шов виконати під час монтажу,  
○ — шов по замкненій лінії, діаметр знака 5 мм,

-  - шов по незамкненій лінії;  
 - шов переривчастий (точковий) з ланцюговим розташуванням ділянок,  
 - шов переривчастий з шаховим розташуванням ділянок,  
 - опуклість шва зняти,  
 - нерівності шва обробити.



№1 – лицьовий шов,  
 №2 – зворотній шов.



У – кутовий шов,



Т – подібний шов (тавровий),



Н – шов внапусток,



С – шов стиковий.

Приклад позначення зварювального шва – на кресленні "З'єднання нарізеви" (стор. 88).

### Паяне з'єднання

З'єднання створюється за допомогою припою за дифузійним зв'язком матеріалу припою та з'єднувальних деталей.

#### Умовне позначення на кресленку



Товщина паяного шву вдвічі більше, ніж товщина суцільної товстої лінії (~2–3 мм). Стрілка дводічна з символічною позначкою (див. стор. 88).

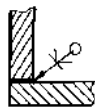
У технічних вимогах записуються:

1. тип з'єднання;
2. вид та тип припою;
3. стандарт та припій.

### Клейове з'єднання

Це з'єднання, яке створюється за допомогою клею (див. стор. 88).

#### Умовне позначення на кресленку



Товщина лінії клейового з'єднання таке саме, як у паяного з'єднання – вдвічі більше, ніж товщина суцільної товстої лінії. Стрілка дводічна з символічною позначкою.

У технічних вимогах записуються:

1. тип з'єднання;
2. марка клею та його стандарт.



**Шорсткість поверхні**  
**ГОСТ 2.309-73 (дата останньої зміни 2005р.)**

*Шорсткість поверхні — це сукупність мікро нерівностей на базовій довжині.  $R_a$  — середньоарифметичне абсолютних значень відхилень профілю у межах базової довжини (середня висота мікро нерівностей).*

*$R_z$  — висота нерівностей профілю за 10-ма точками на базовій довжині.*

*$R_{max}$  — найбільша висота профілю — це відстань між найбільшою точкою виступів і найменшою точкою западин у межах базової довжини.*



*Рекомендовано 14 класів  $R_a$  значень шорсткості поверхонь (в мкм):  
100; 50; 25; 12,5; 6,3; 3,2; 2,5; 1,6; 1,25; 0,8; 0,4,...*

*6,3 — свердлення, точіння*

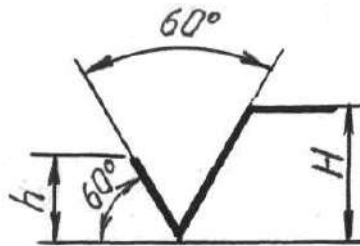
*3,2 — нарізь, фрезерування*

*1,6 — шліфування*

*0,8 і т.д. — полірування.*

*Чим менше число шорсткості — тим чистіше поверхня і дорожче оброблення.*

**Знаки шорсткості**



*$h$  — дорівнює висоті цифр розмірів, які нанесені на креслену.*

*$H=(1,5...3) h$ ;  $S$  — товщина лінії знаку (0,5...1,4) мм.*

- ✓ вид обробки, яка не вказана конструктором.
- ✓ обробка зі зняттям шару матеріалу. (свердлення, точіння, фрезерування).
- ✓ не оброблені поверхні, тобто без видалення шару матеріалу (лиття, кування, штампування, прокат).

**Приклади нанесення шорсткості на креслену**

*Нанесення знаку шорсткості в залежності від нахилу поверхні (рис. 49).*

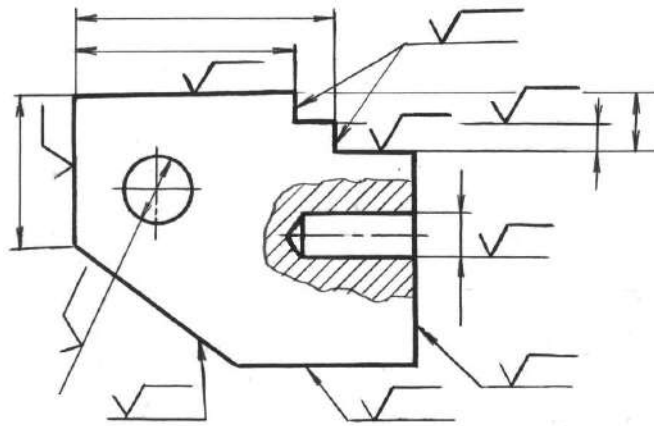


Рис. 49.

Запис у куті означає, що більшість поверхонь мають таку саму шорсткість, але є і інші (рис.50).

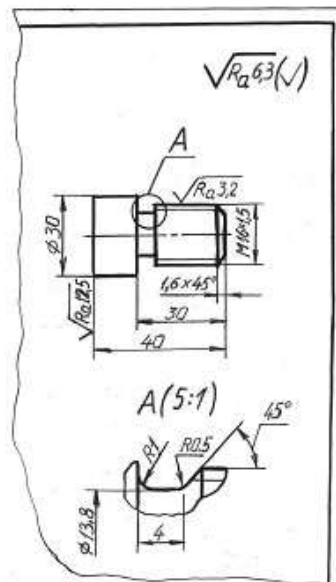


Рис. 50.

Усі поверхні мають однакову шорсткість 6,3 (рис.51).

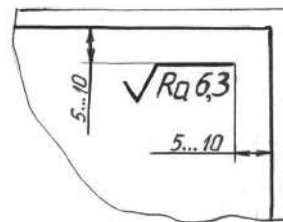


Рис. 51.

Шорсткість поверхні однакова по замкненому контуру, але торцеві поверхні мають іншу шорсткість (рис.52).

- значок в дужках позначає слово: „все інше”, „решта”.

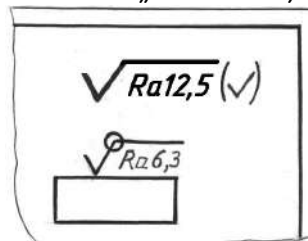
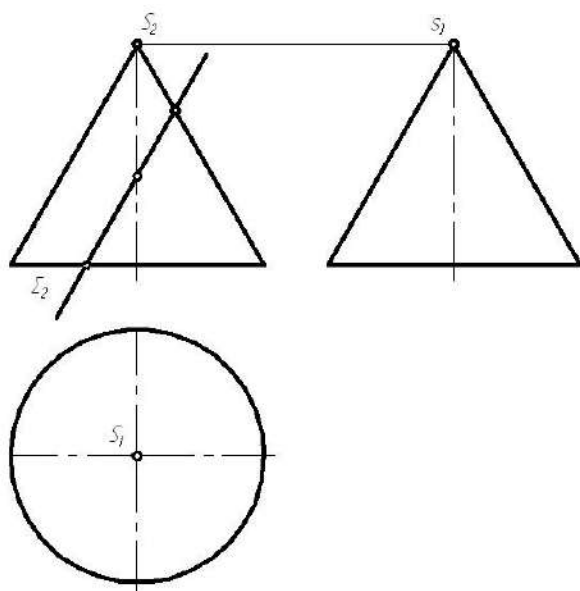


Рис.52.

## ДОМАШНІ ЗАВДАННЯ

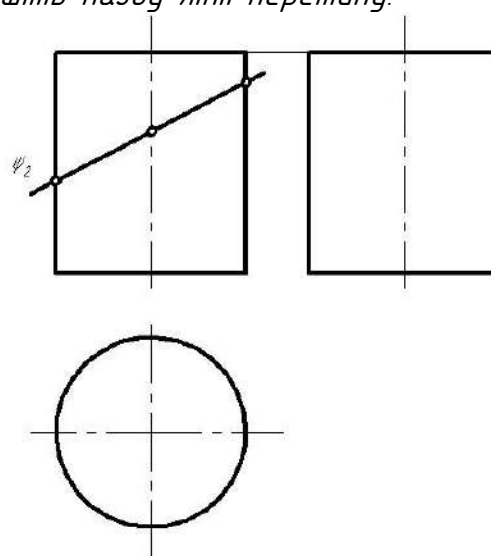
### Задача 17

Побудуйте проєкції лінії перетину заданих поверхонь площинами окремого положення. Визначте видність. Запишіть назву лінії перетину.



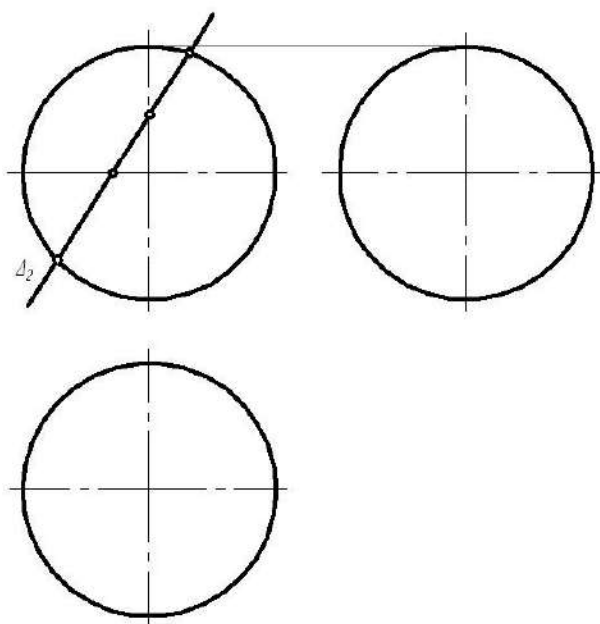
Назва лінії перетину

---



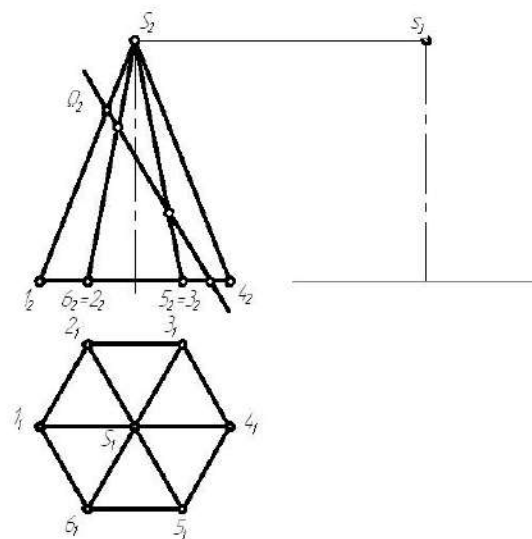
Назва лінії перетину

---



Назва лінії перетину

---



Назва лінії перетину

---

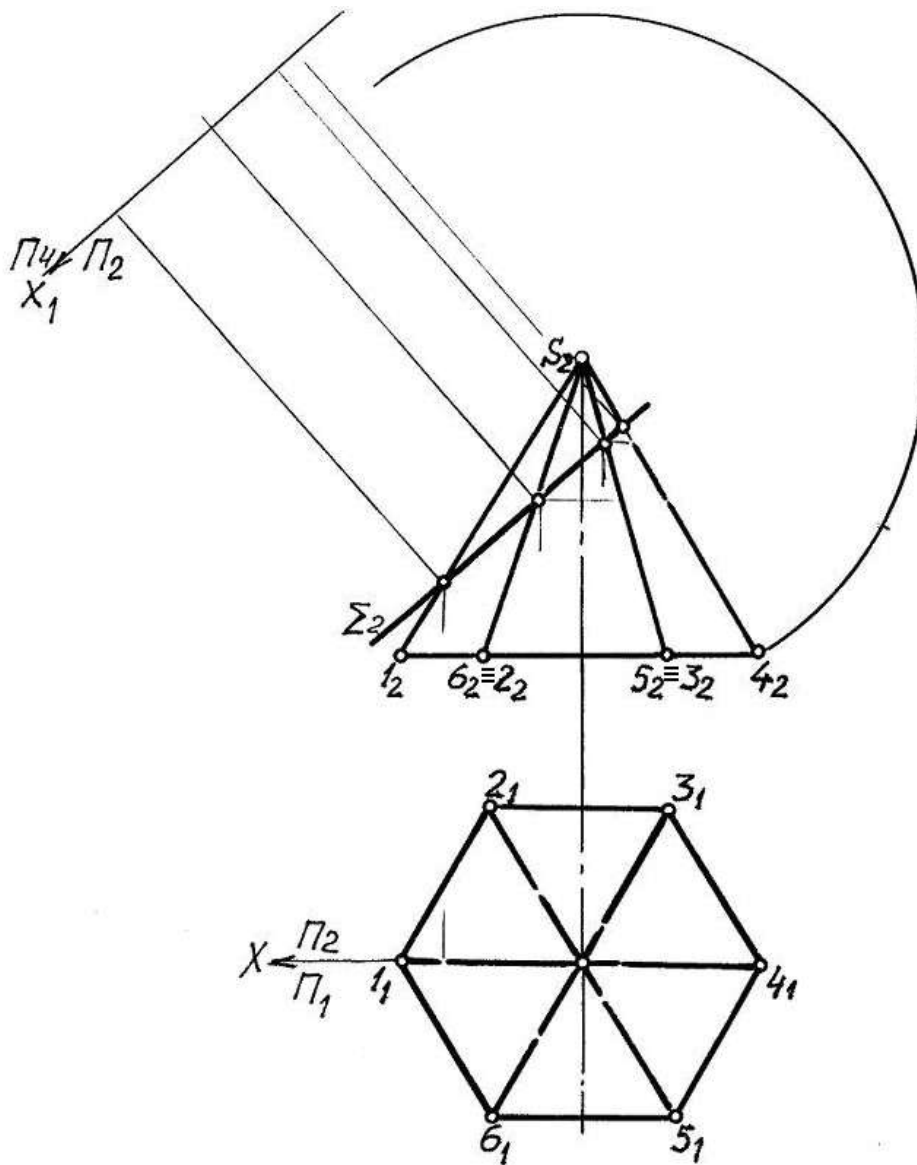
## АУДИТОРНЕ ЗАВДАННЯ

### Задача 18

Побудуйте лінію перерізу правильної шестигранної піраміди фронтально-проекціуючою площиною  $\Sigma(\Sigma_2)$ .

Виконайте розгортку піраміди з нанесенням на ній лінії перерізу.

Побудуйте натуральну величину фігури перерізу методом заміни площин проекцій.



## ОДИНАРНЕ ПРОНИКАННЯ

Розглядають як перетин двох поверхонь, при цьому тіло уявляють, ніби виконаним з моноліту з горизонтально розташованим в ньому отвором (вікном). Отвори можуть бути наскрізними чи глухими (рис.46).

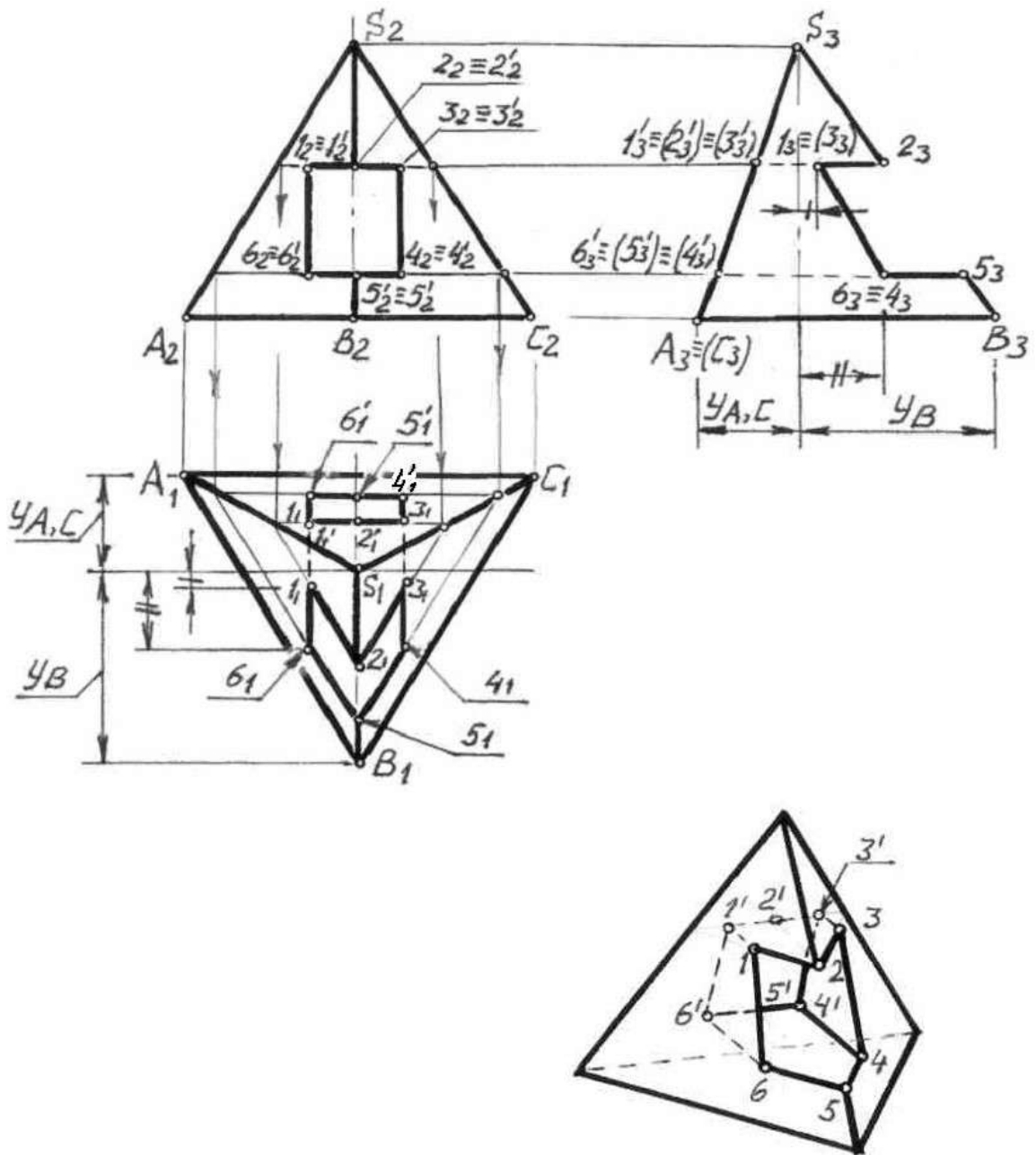


Рис.46



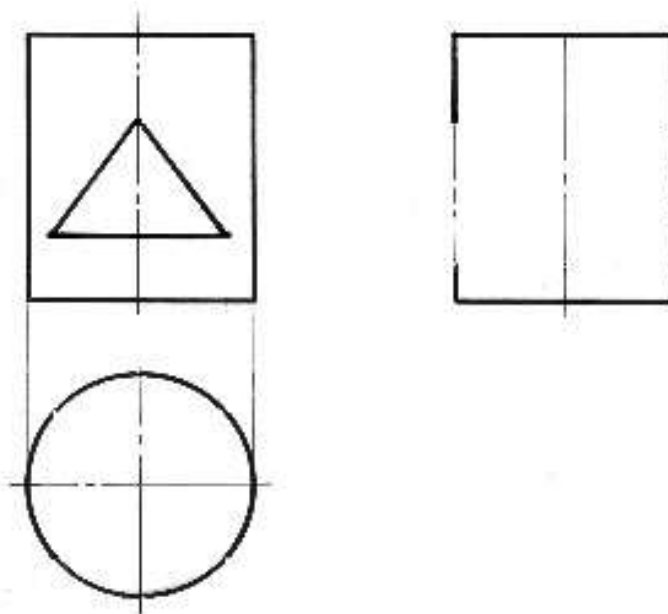
## ДОМАШНЄ ЗАВДАННЯ

### Задача 19

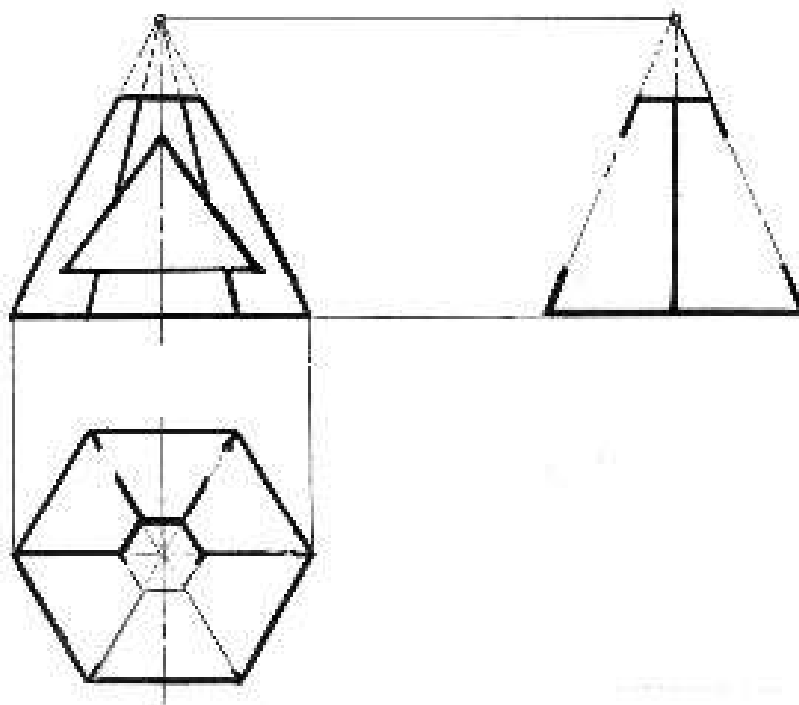
Дано: геометричне тіло із наскрізним отвором.

Побудуйте горизонтальну і профільну проекції лінії перетину поверхонь. Виконайте горизонтальні і профільні розрізи.

а)



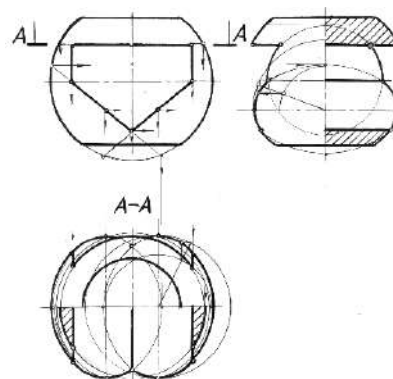
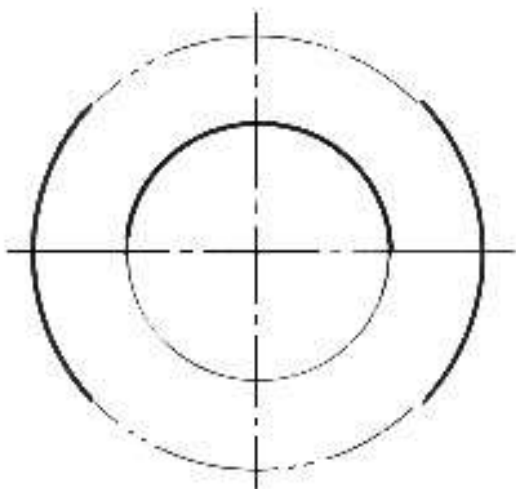
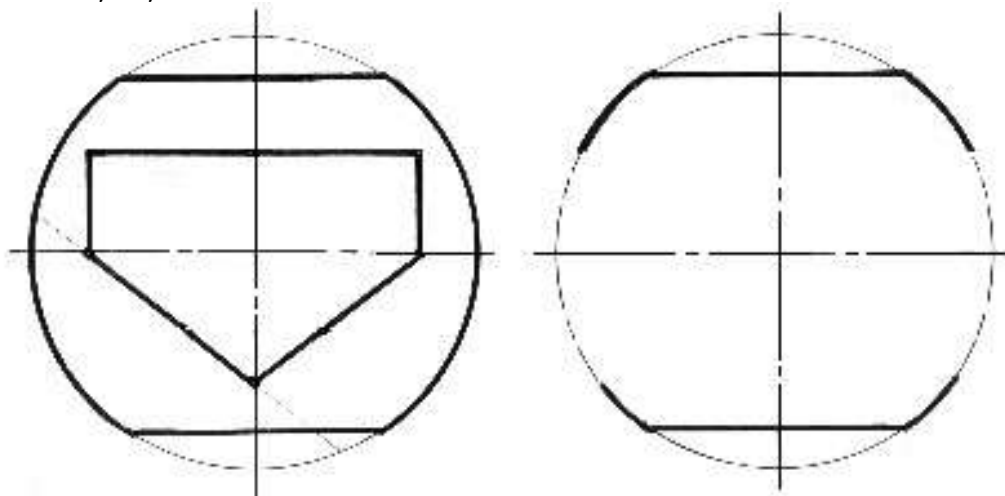
б)



## АУДИТОРНЕ ЗАВДАННЯ

### Задача 20

Побудуйте горизонтальну і профільну проекції лінії перетину геометричних тіл. Отвір – наскрізний. Виконайте горизонтальний і профільний розрізи.



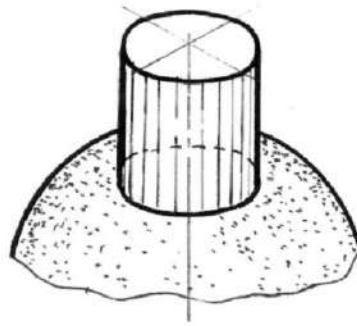


## **ПЕРЕТИН ПОВЕРХОНЬ**

*Лінія перетину двох поверхонь — це лінія спільна для цих двох поверхонь, всі точки якої належать обом поверхням.*

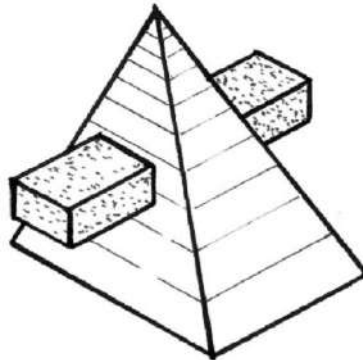
### **ФОРМА ЛІНІЇ ПЕРЕТИНУ**

*а) дві криволінійні поверхні перетинаються по просторовій кривій лінії (рис.48);*



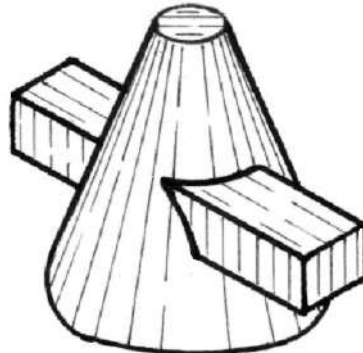
*Рис.48.*

*б) дві гранні поверхні перетинаються по просторовій ламаній лінії (рис.49);*



*Рис.49.*

*в) гранна поверхня перетинається з криволінійною по просторовій лінії, що складається з частин плоских кривих (рис.50).*



*Рис.50.*

Основний метод побудови ліній перетину поверхонь — метод допоміжних поверхонь (сфер) чи площин-посередників.

Перший спосіб січних сфер застосовують, коли осі тіл обертання перетинаються і розташовані в одній площині (рис.51).

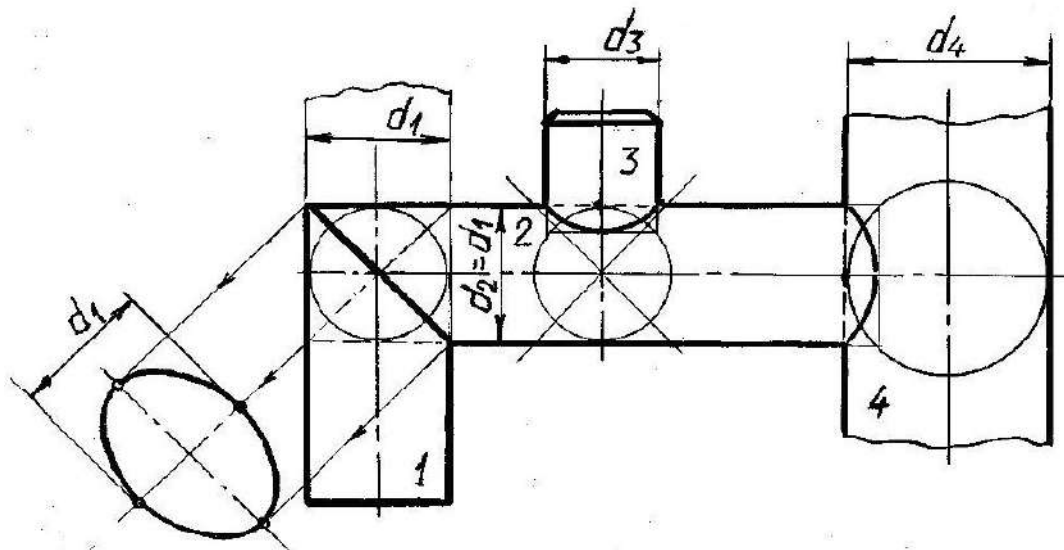
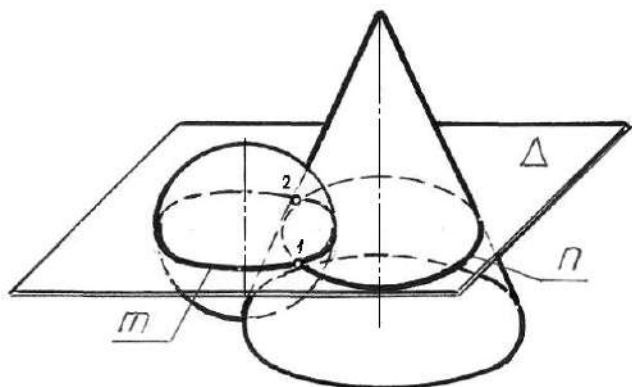


Рис.51

Труба 1 перетинається з трубою 2, що має той самий діаметр. Метод Монжа: в цьому випадку лінія перетину розпадається на дві плоскі криві — еліпси, які проєкціюються в прямі (на головному виді). Зліва показана істинна величина одного з еліпсів — реального розміру. Циліндри подовжені тонкими лініями, щоб наочно показати існування в цьому випадку і другого еліпса. Труба 2 перетинається з 3 меншого діаметру. В цьому випадку лінія перетину проєкціюється в гіперболу. Труба 2 перетинається з трубою 4 — більшого діаметру — теж гіпербола (рис.51).

Другий спосіб — допоміжних січних площин застосовують, якщо осі тіл, що перетинаються, паралельні (рис.52).



Приклад.

Конус перетинається зі сферою.

$\Delta$  — площина посередник.

$\Delta$  перетинає сферу по колу  $\tau$ .

$\Delta$  перетинає конус по колу  $\pi$ .

$\tau \cap \pi = 1, 2$ .

Рис.52.

## ПОБУДОВА ЛІНІЇ ПЕРЕТИНУ ПОВЕРХОНЬ ЗА ДОПОМОГОЮ ПОСЕРЕДНИКІВ - ПЛОЩИН ОКРЕМОГО ПОЛОЖЕННЯ

На рис.53 показано побудову лінії перетину конуса з циліндром. Посередниками вибрані:

горизонтальні площини  $\Delta(\Delta_2)$ ,  $\Sigma(\Sigma_2)$ . Ці площини перетинають конус по колах, а циліндр - по прямих лініях (твірних);

фронтальна площина  $\Theta(\Theta_1)$ , яка перетинає поверхні по твірних, що є контурами на фронтальній проекції.

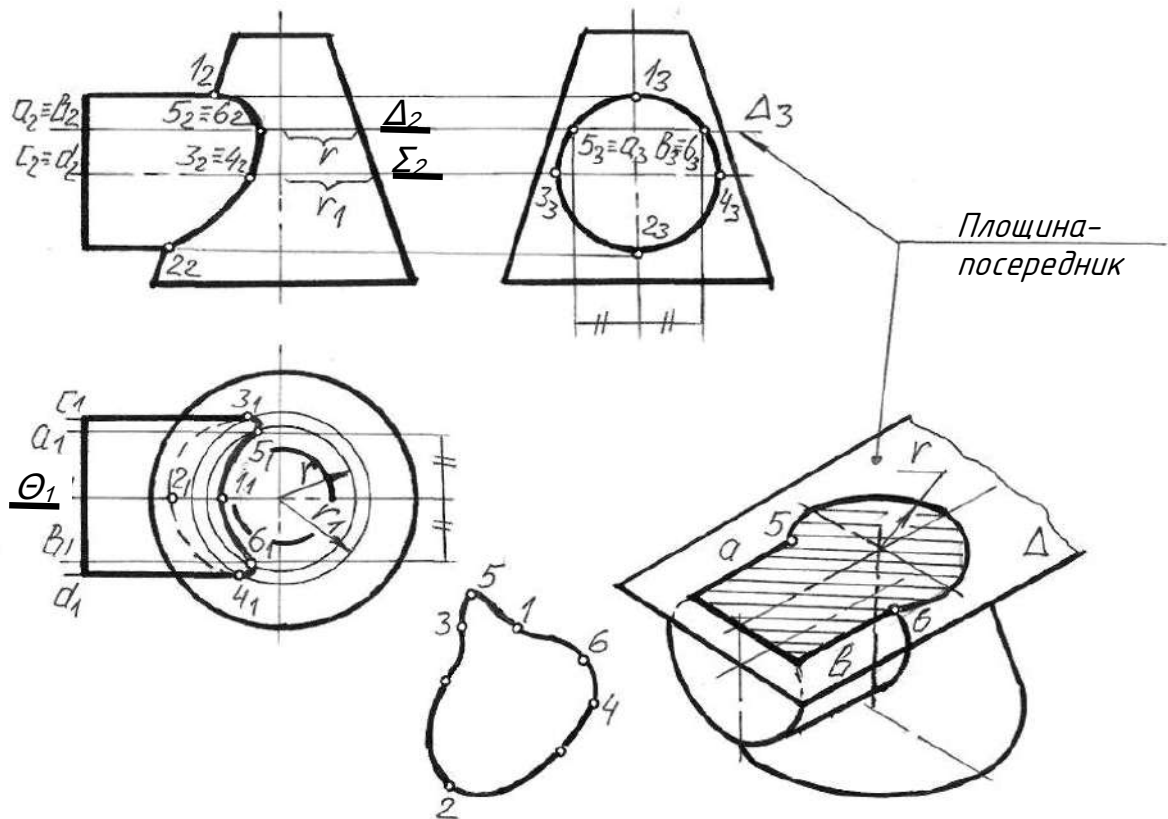


Рис.53

**Характерні точки лінії перетину:**

на горизонтальній проекції - точки  $3_1$  і  $4_1$ , які лежать на контурних твірних циліндра. Побудову цих точок виконано за допомогою площини  $\Sigma(\Sigma_2)$ ;

на фронтальній проекції - точки  $1_2$  і  $2_2$ , побудовані за допомогою площини  $\Theta(\Theta_1)$ .

## ПОБУДОВА ЛІНІЇ ПЕРЕТИНУ ПОВЕРХОНЬ ЗА ДОПОМОГОЮ ПОСЕРЕДНИКІВ - СФЕРИЧНИХ ПОВЕРХОНЬ

Умови для виконання сфер в ролі посередників:

- 1) Обидві поверхні, що перетинаються, є поверхні обертання.
- 2) Осі поверхонь перетинаються.
- 3) Осі поверхонь паралельні одній з площин проекцій.

За цих умов довільна поверхня обертання  $\Theta(\Theta_2)$  (рис.54) перетинається зі сферою, центр якої лежить на осі обертання, по колах, які на одній із площин проекцій зображаються прямими лініями.

На рис.54 фронтальна проекція  $t_2$  і  $t_2'$  кола – прямі лінії, які проходять через точки перетину обрисів сфери  $\Psi$  і поверхні обертання  $\Theta$ .

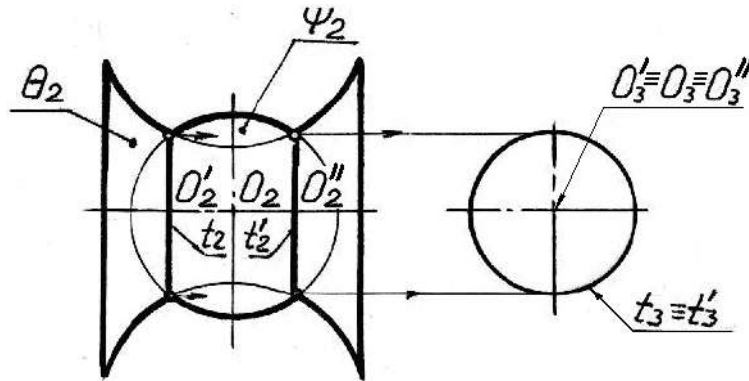


Рис.54

Приклад розв'язання задачі з використанням сфер в ролі посередників показаний на рис. 55.

Центри сфер-посередників знаходяться в точці  $O(O_1, O_2)$  перетину осей заданих поверхонь циліндра і зрізаного конуса. Сфера найменшого радіуса ( $R_{\min}$ ) повинна дотикатися до більшої з заданих поверхонь. Сфера максимального радіуса ( $R_{\max}$ ) проходить через найвіддаленішу точку перетину обрисів поверхонь.

Точки лінії перетину – точки перетину проекцій кіл, які на  $\Pi_2$  зображують прямими лініями.

### ПЕРЕТИН ПОВЕРХОНЬ ДРУГОГО ПОРЯДКУ ПО ПЛОСКИХ КРИВИХ

**Теорема Монжа.** Дві поверхні другого порядку, описані навколо третьої поверхні другого порядку (або вписані в неї), перетинаються по двох плоских кривих другого порядку. Площини цих плоских кривих на проекції проходять через пряму, яка з'єднує точки перетину лінії дотику (рис.56).

Висновок. Якщо дві поверхні другого порядку перетинаються по одній плоскій кривій, то вони перетинаються ще по одній плоскій кривій.

*Теорема про форму проекції лінії перетину. Якщо дві поверхні другого порядку мають спільну площину симетрії, то лінія їх перетину проєктується на площину, паралельну площині симетрії у вигляді кривої другого порядку (рис.57).*

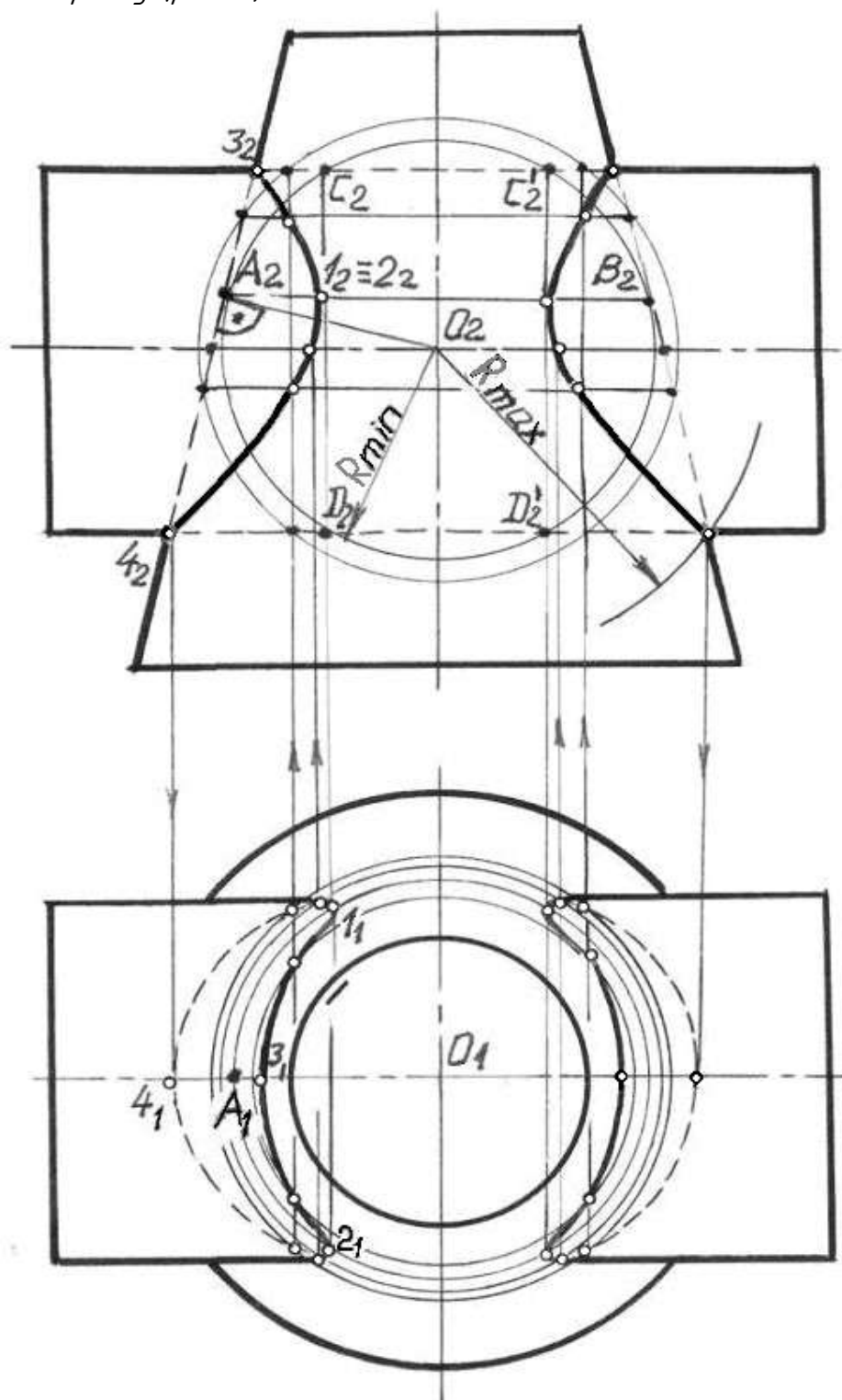


Рис.55

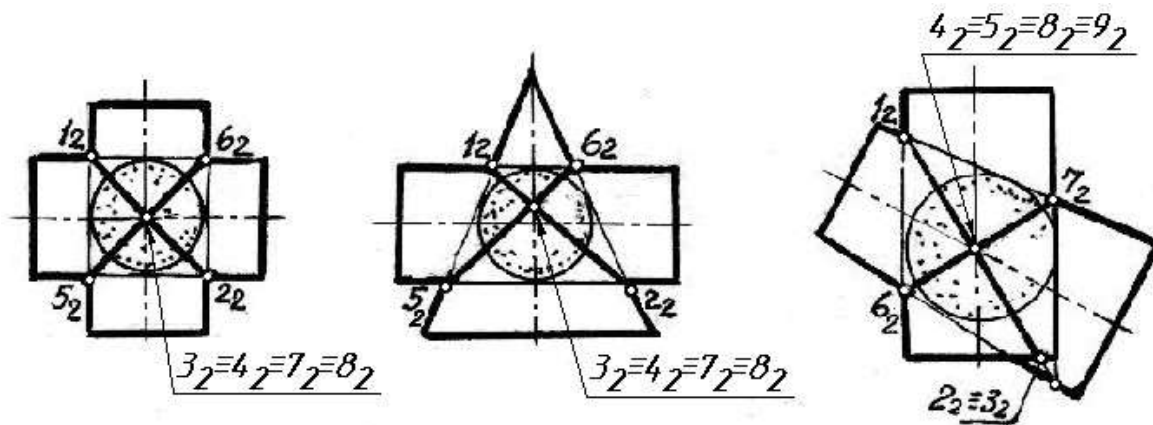


Рис.56

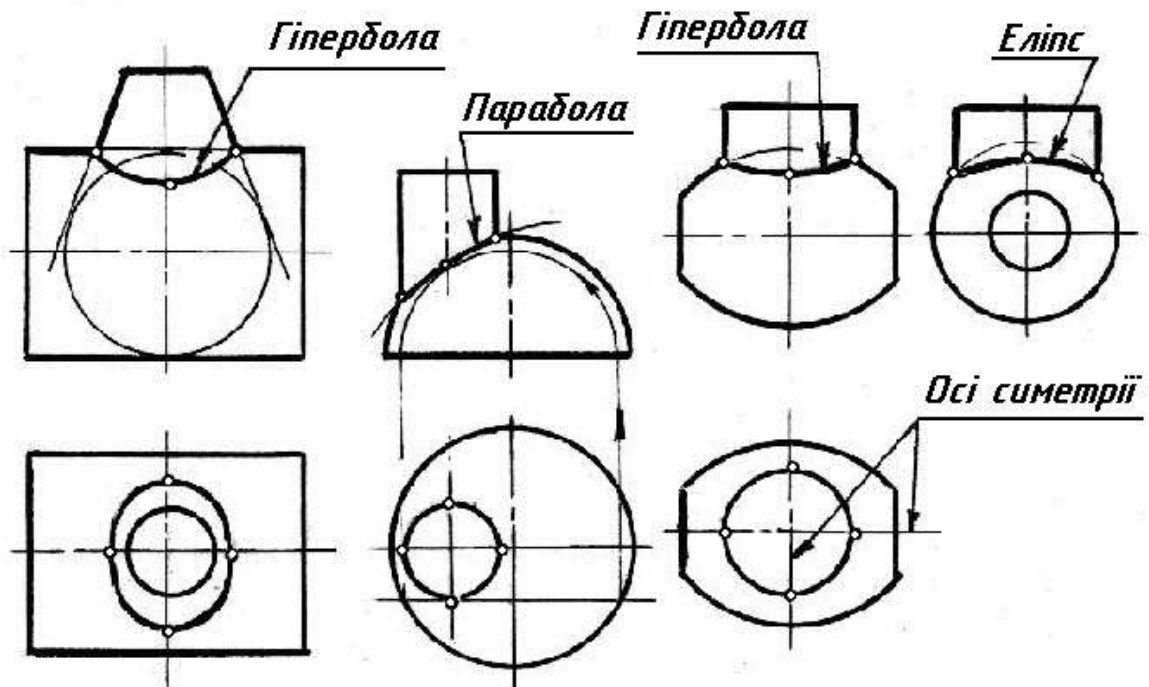
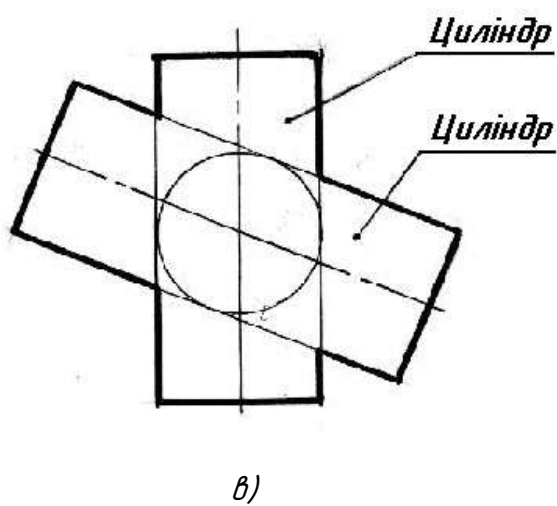
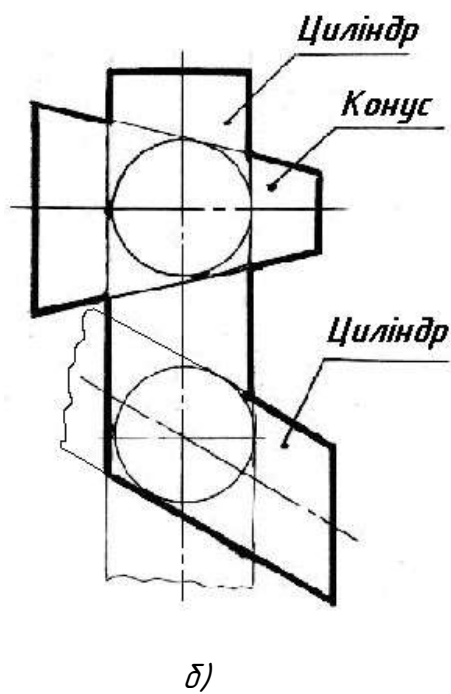
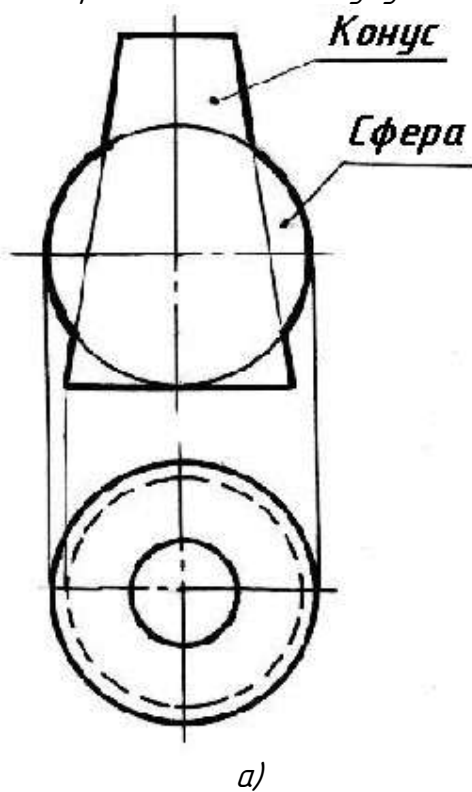


Рис.57

## ДОМАШНІ ЗАВДАННЯ

### Задача 21

Дано: поверхні, які перетинаються. Побудуйте проекції лінії перетину.

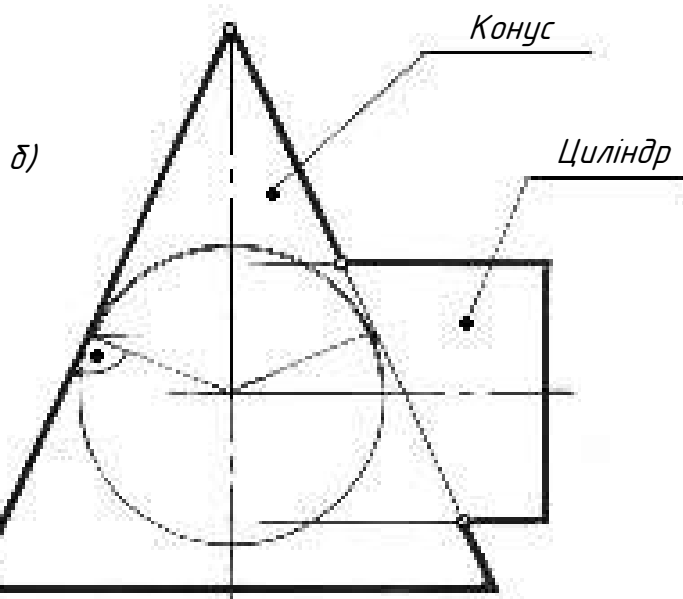
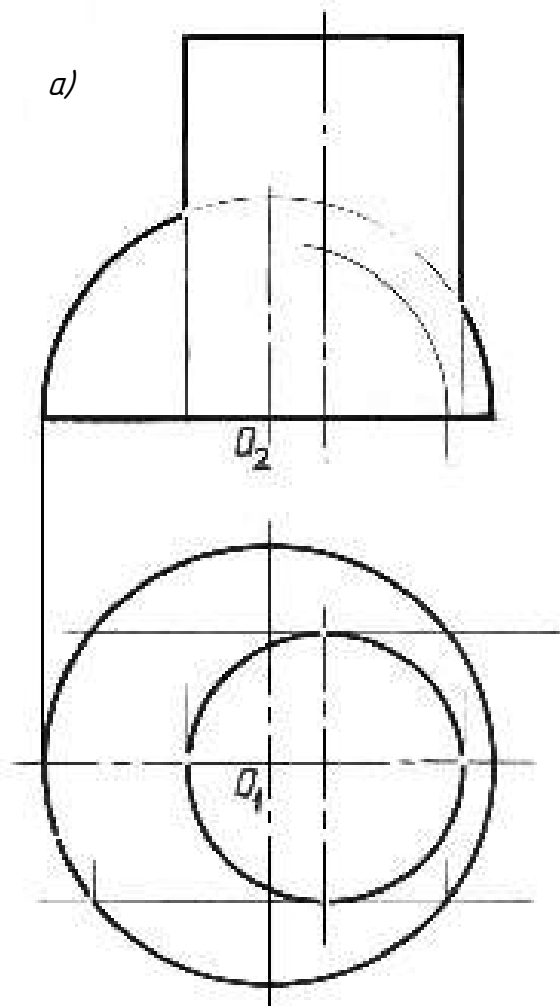


## АУДИТОРНЕ ЗАВДАННЯ

### Задача 22

Дано: поверхні, що перетинаються.

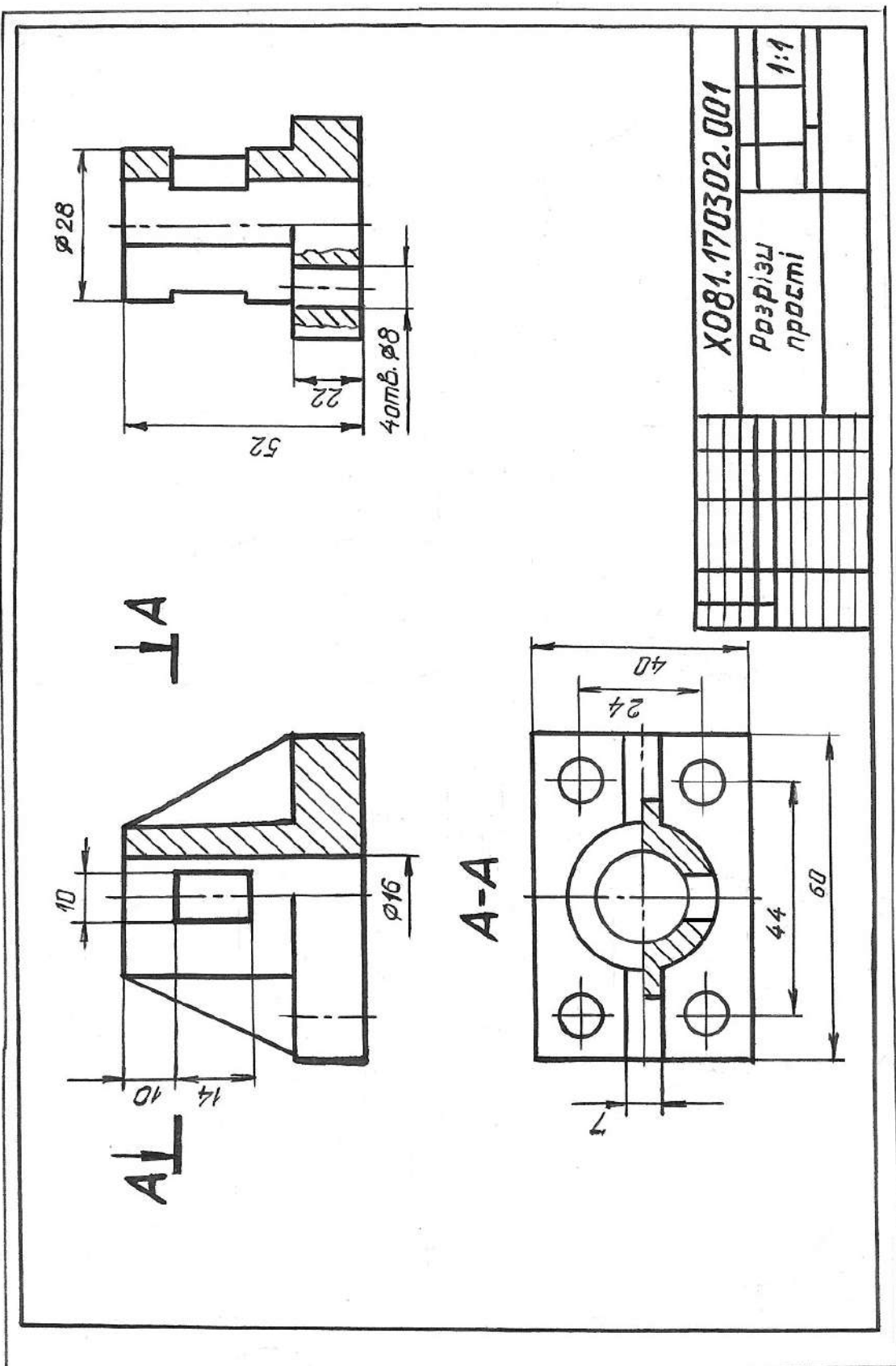
Побудуйте проєкції лінії перетину поверхонь.





*ПРИКЛАДИ ВИКОНАННЯ  
ГРАФІЧНИХ ТА  
РОЗРАХУНКОВО-ГРАФІЧНИХ  
РОБІТ*

Приклад виконання графічної роботи  
 "Види. Розрізи прості" (Формат А3)



## Завдання на графічну роботу

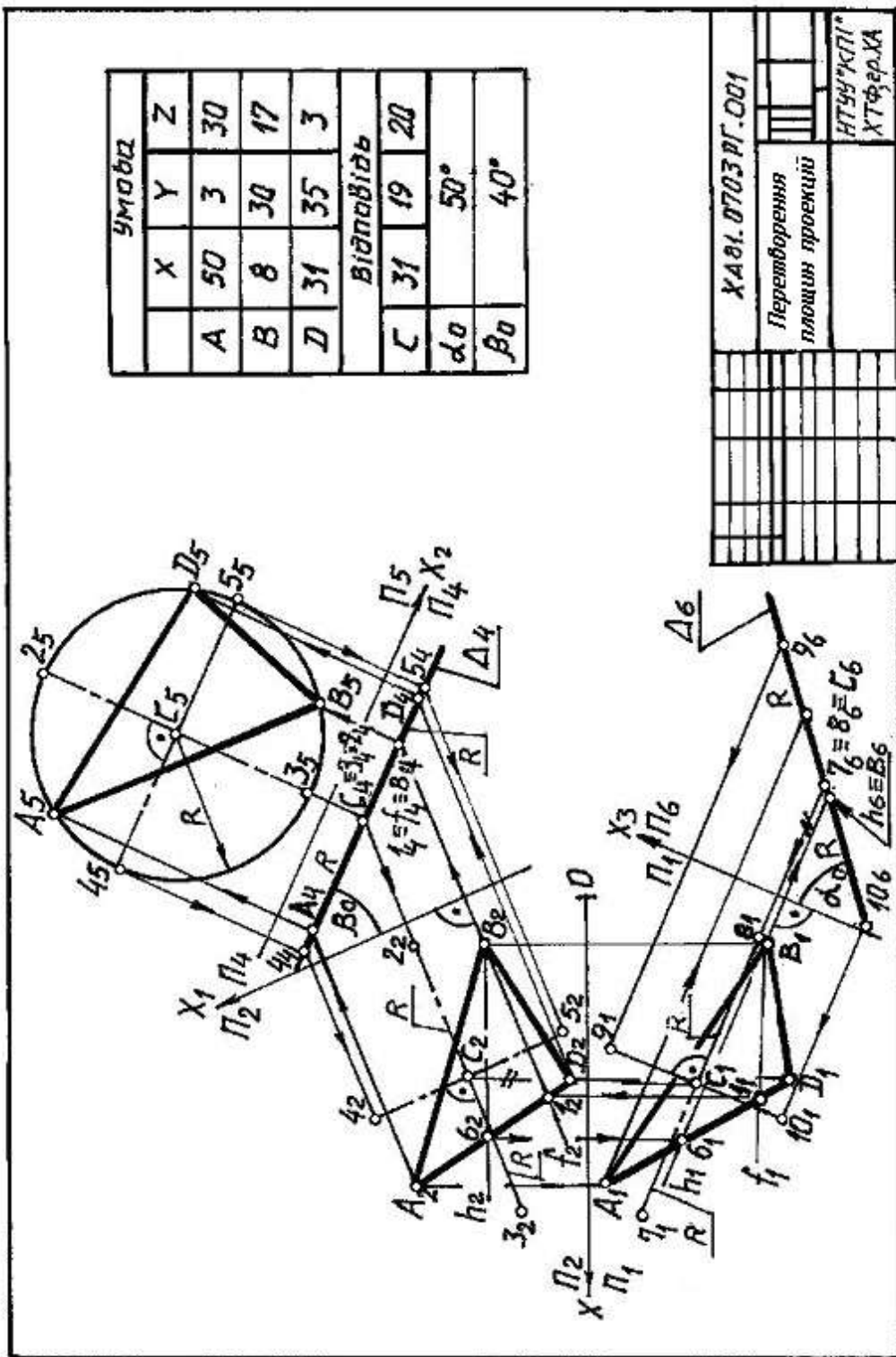
### “Перетворення площин проекцій” (Формат А3)

Побудувати проекції центра кола, яке знаходиться в площині  $\Sigma(\triangle ABD)$  і описане навколо трикутника  $ABC$  (для парних варіантів) і вписаного в нього (для непарних варіантів). Координати точок  $ABC$  взяти з таблиці. Визначити велику і малу осі еліпса, навести їх штрих-пунктирною лінією і позначити.

Визначити і записати координати центра кола, а також кути  $\alpha^\circ$  і  $\beta^\circ$  між площиною трикутника і площинами проекцій  $\Pi_1$  і  $\Pi_2$ .  
Приклад виконання роботи – на стор. 76.

Номер варіанта		Координати точок								
		$X_A$	$Y_A$	$Z_A$	$X_B$	$Y_B$	$Z_B$	$X_D$	$Y_D$	$Z_D$
1	16	98	30	22	25	85	15	5	18	36
2	17	108	36	16	95	90	50	22	30	45
3	18	60	32	26	40	68	15	10	5	22
4	19	100	68	20	80	95	10	15	35	50
5	20	22	15	40	35	50	95	110	45	35
6	21	10	22	30	32	10	65	60	20	5
7	22	25	25	70	45	15	90	110	50	30
8	23	25	35	15	100	90	10	110	23	30
9	24	20	45	22	35	100	55	110	40	50
10	25	15	30	20	35	60	10	65	2	15
11	26	25	65	20	45	90	10	110	30	50
12	27	20	20	30	95	15	90	105	35	20
13	28	115	20	40	100	50	95	25	48	33
14	29	67	25	30	46	12	65	15	20	5
15	30	105	25	65	85	15	90	20	50	30

Приклад виконання роботи "Перетворення площин проєкцій"



## Завдання на графічну роботу

### “Аксонетрія” (Формат А3)

1. Накреслити три зображення деталі з розрізами.

2. Виконати зображення деталі в прямокутній ізометрії з вирізом передньої чверті координатними площинами.

Приклад – стор.78, 79.

Номер варіанта		№ рис	a	b	c	d	d <sub>1</sub>	d <sub>2</sub>
			мм					
1	16	Рис.1	60	85	8	30	35	40
2	17		63	85	5	35	40	45
3	18		70	90	8	40	45	36
4	19		75	95	10	40	35	50
5	20	Рис.2	60	85	5	35	40	30
6	21		65	88	6	40	35	30
7	22		70	95	10	35	50	45
8	23		75	95	8	45	40	45
9	24	Рис.1	60	80	8	35	32	25
10	25		65	85	10	30	25	35
11	26		70	90	6	45	40	35
12	27		75	98	5	50	45	40
13	28	Рис.2	60	75	5	40	30	35
14	29		65	88	10	25	30	40
15	30		70	90	5	52	40	48

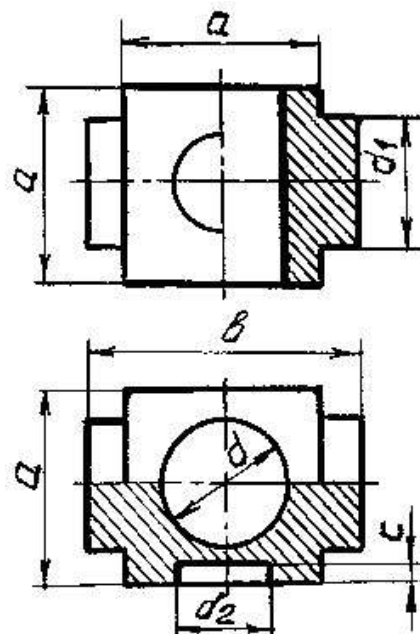


Рис. 1

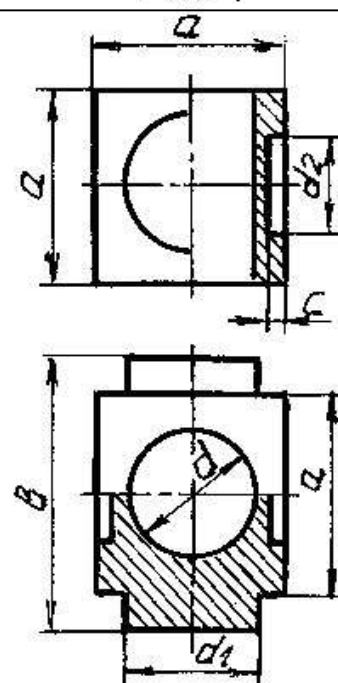
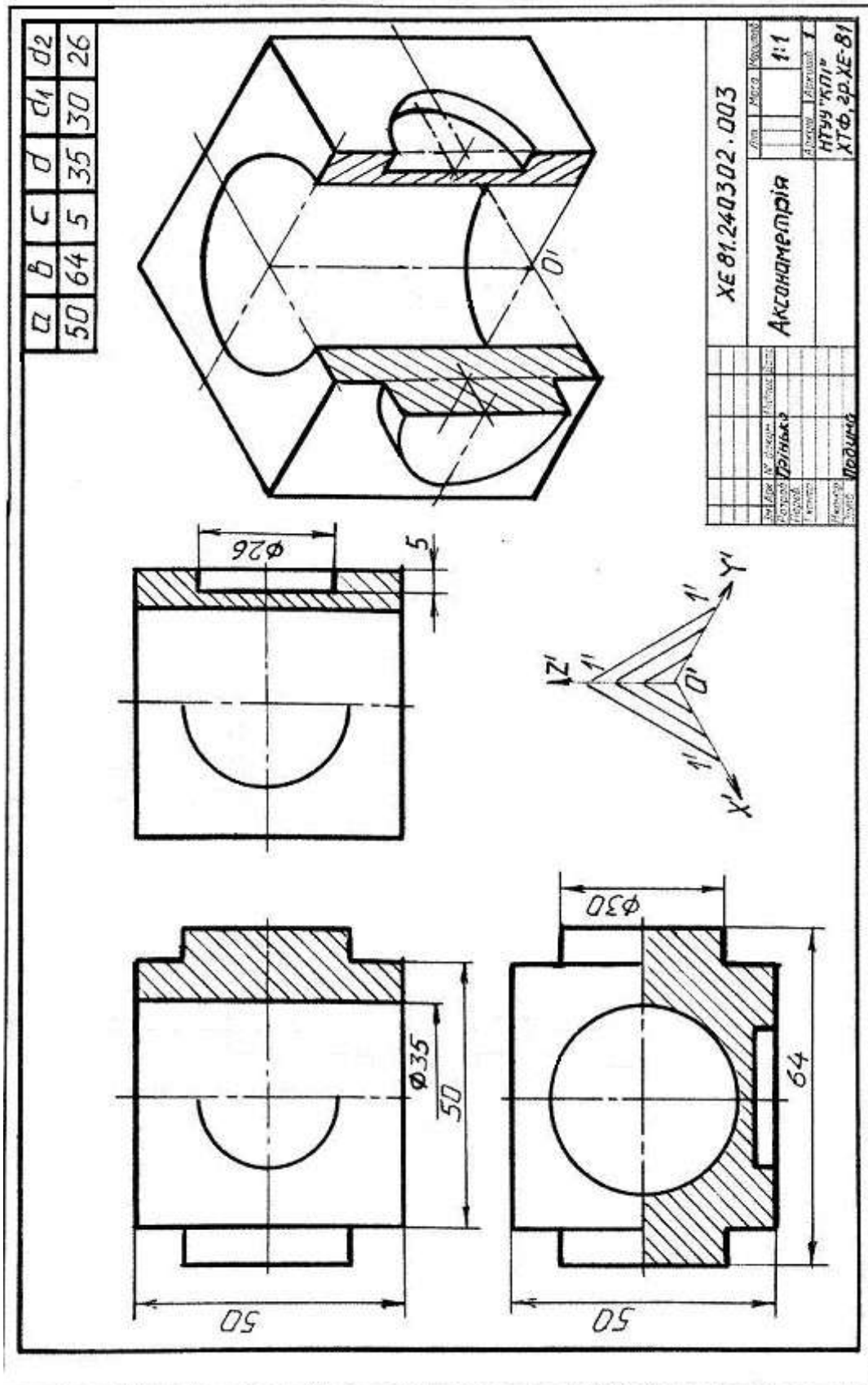


Рис. 2

### Приклади виконання ГР “Аксонометрія”



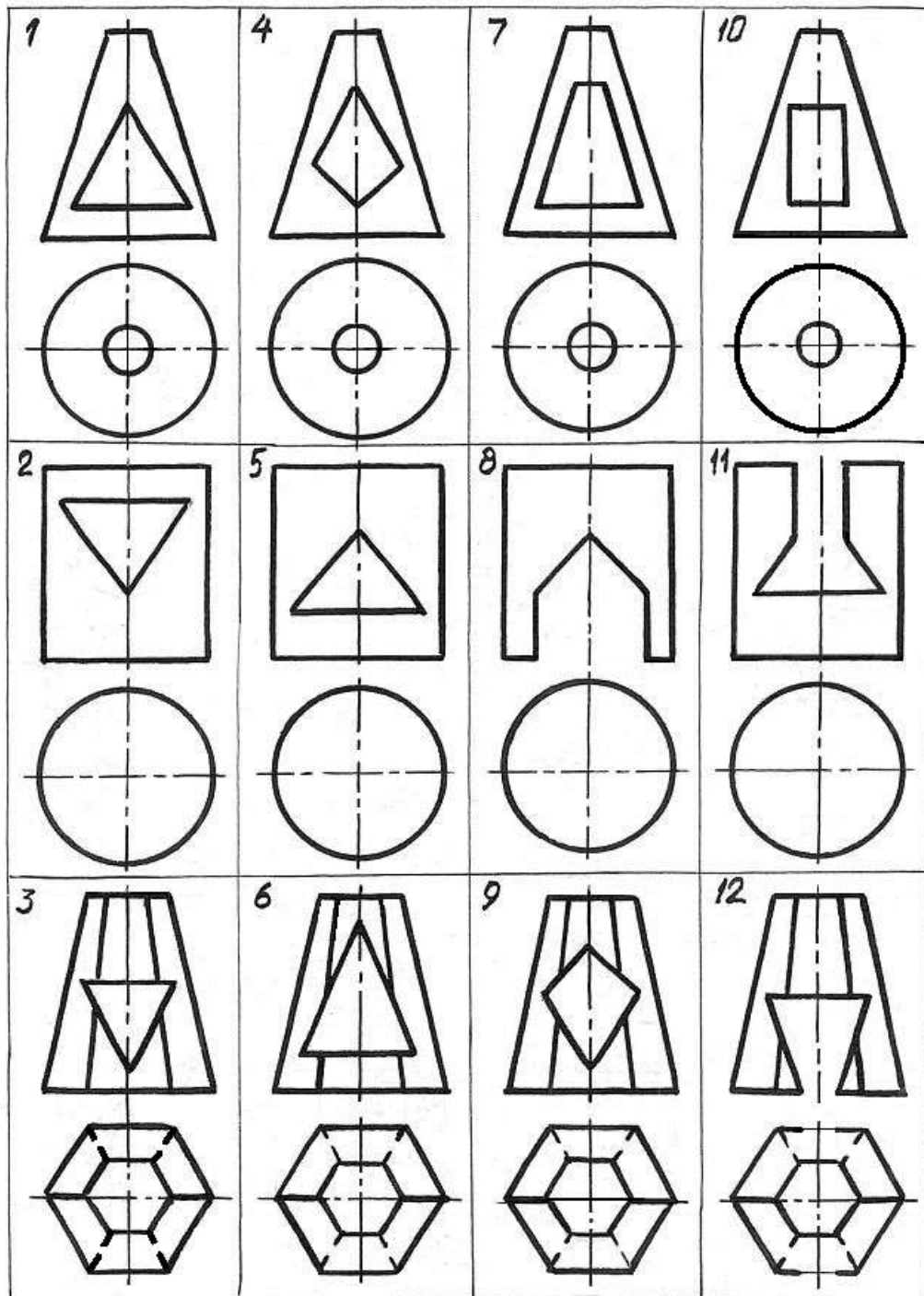
№ п/п	№ документа	Материал	Дата	Масштаб
1	2	3	4	5
1	3.03.36	Аксонаметрия	1:1	
2	3.03.36	НТУУ "ХПИ"		
3	3.03.36	ХТФ, гр. ХТФ-8		

**Завдання на графічну роботу "Проникання одинарне" (Формат А3)**

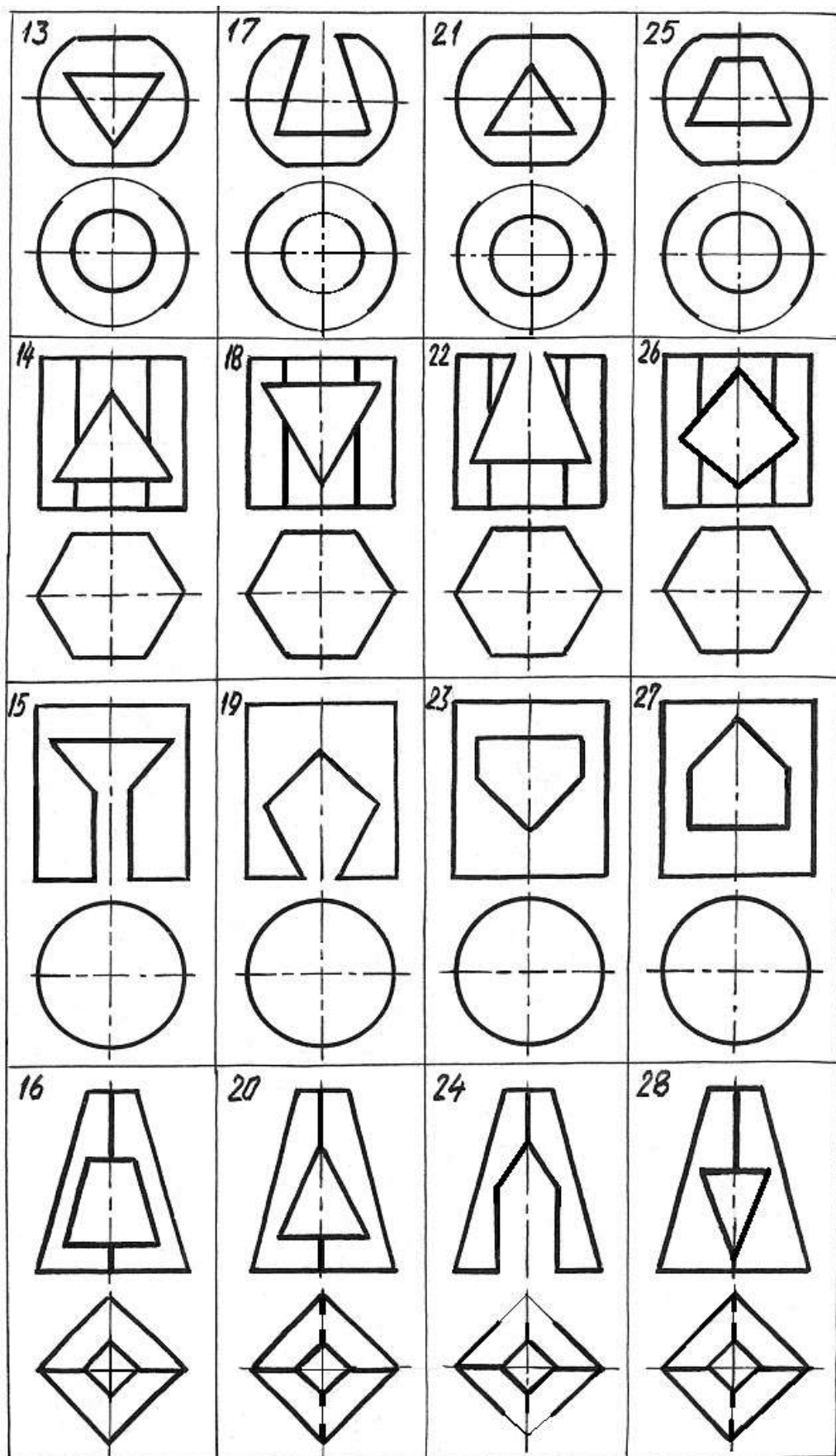
1. Виконати три зображення моделі.
2. Побудувати лінію перетину горизонтального наскрізного вікна з даною поверхнею.
3. Виконати необхідні розрізи та проставити розміри.
4. Лінії побудови не витирати (залишити на кресленнику ледь помітними)

Приклади – стор.82, 83.

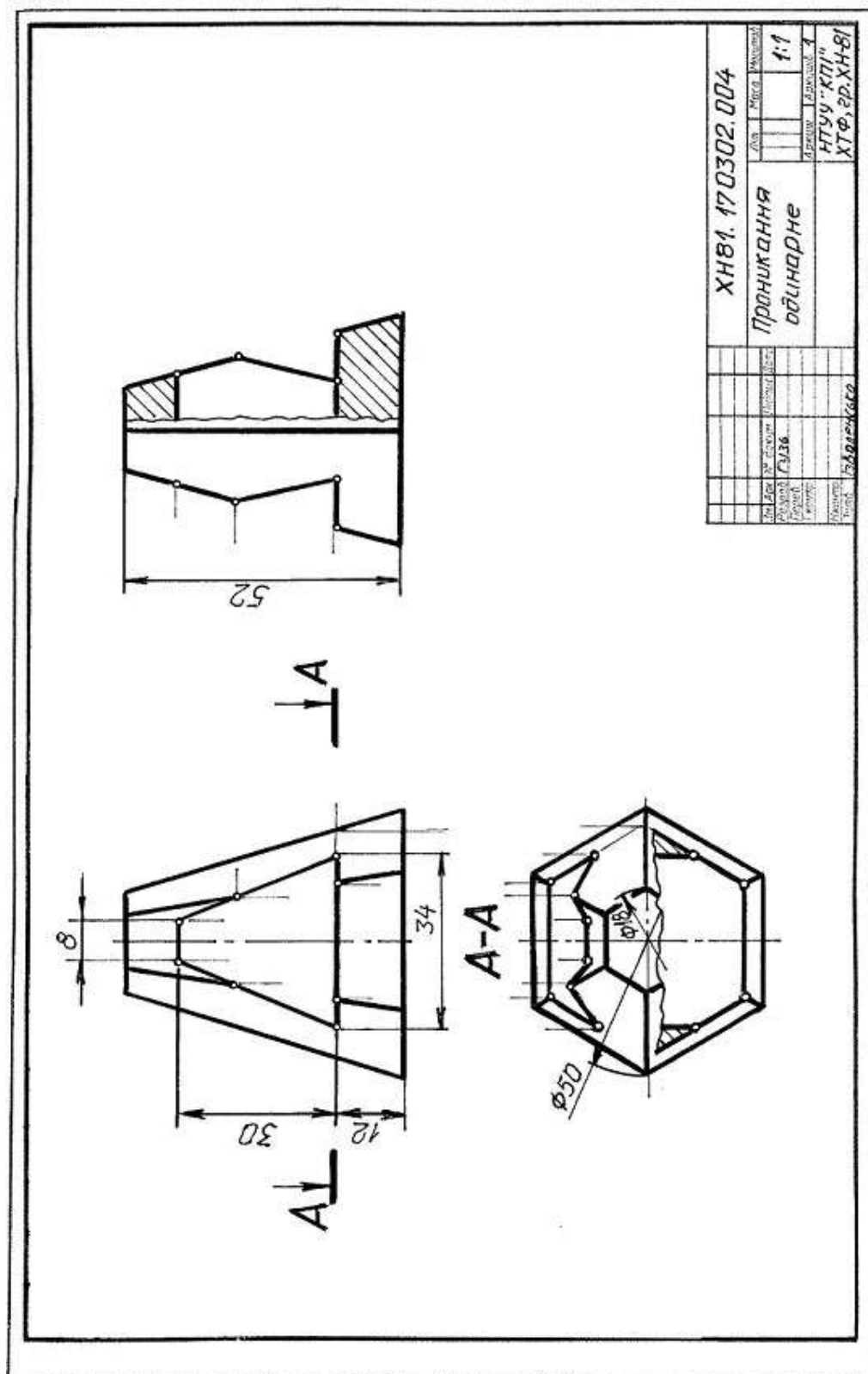
Висота фігури – 100мм, діаметр нижньої основи – 90мм, діаметр верхньої основи – 40мм. Розміри наскрізних отворів брати довільно.

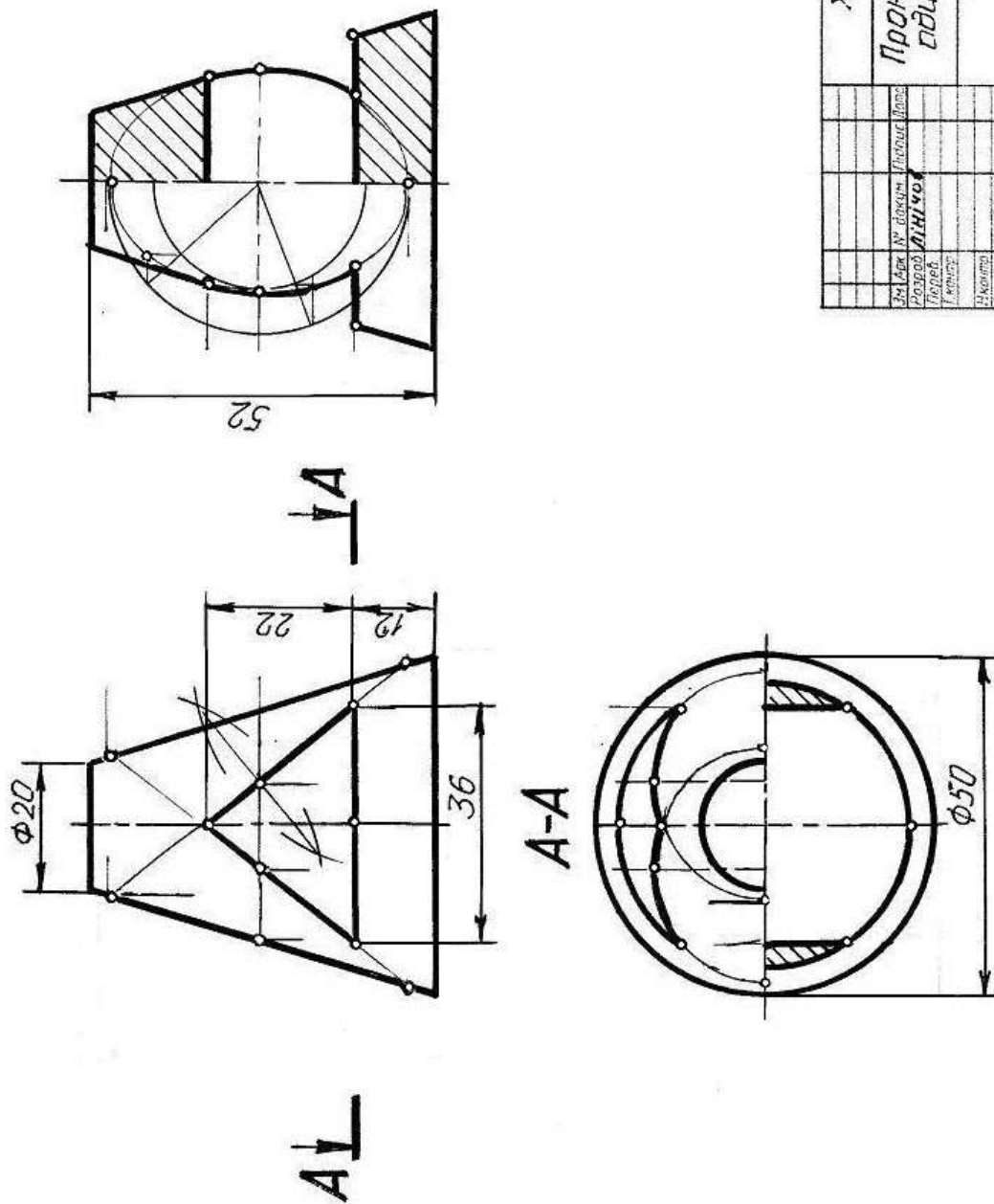






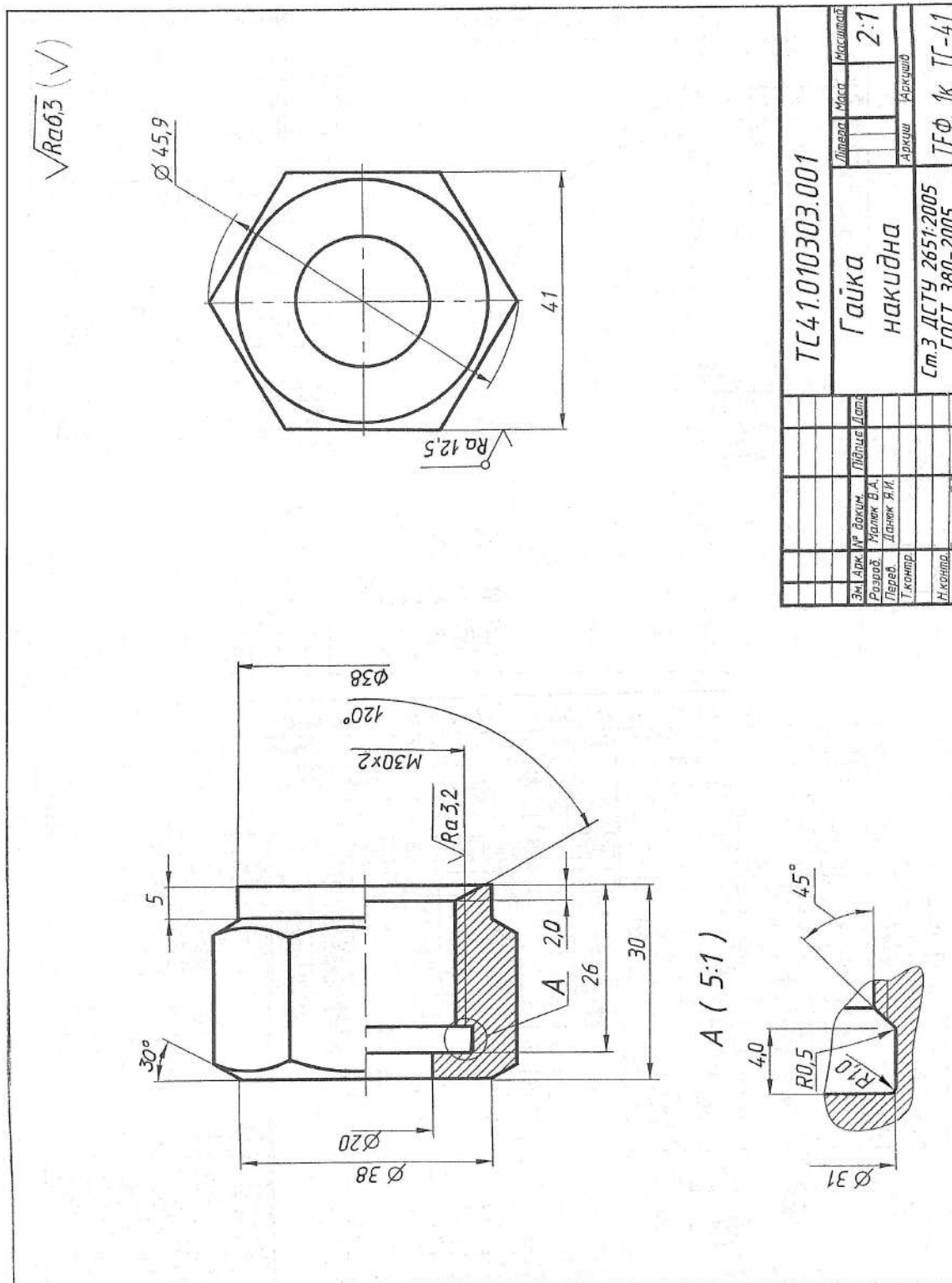
### *Приклади виконання ГР “Проникання одинарне”*



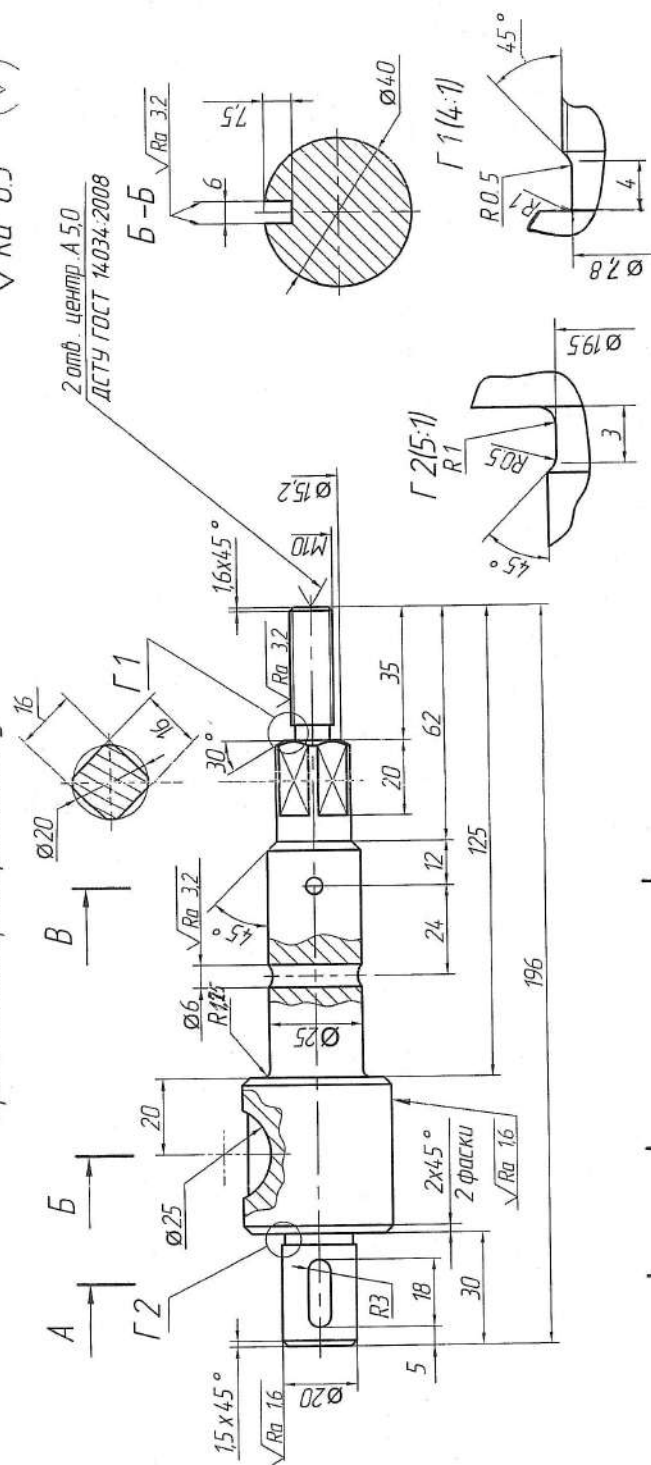


ХЕ 81. 170302.004		Лист	Мета	Масштаб
ПРОЕКЦИОННАЯ		Размер	Деталь	1:1
ПОВЕРХНОСТИ		Перед	Деталь	1
		Зад	Деталь	1
		Лев	Деталь	1
		Прав	Деталь	1

Приклад креслення гайки накидної



Простановка розмірів на валу.

$$\sqrt{Ra} \quad 6.3 \quad (\checkmark)$$


\* Розміри для довідок.

## Завдання на графічну роботу "З'єднання нарізеви"

1. Накреслити спрощене зображення з'єднання деталей кріпильними виробами, попередньо розрахувавши їх розміри (Рис. 1).
2. Виконати та позначити розріз на місці вигляду зліва по шпильці (парні варіанти) або по болту (непарні варіанти).
3. Позначити номери позицій деталей та стандартних виробів.
4. Нанести розміри (див. зразок роботи).
5. Роботу виконати на аркуші паперу формату А3 в масштабі 1:1.

### З'ЄДНАННЯ НАРІЗЕВІ – таблиця довідкова

## Гвинти

Спрощене зображення

Вигляд з'єднання ДСТУ ГОСТ 1475-2008 ДСТУ ГОСТ 1491-2008

ДСТУ ГОСТ 1473-2008

## Шпильки ДСТУ ГОСТ 22032-2008 – 2204-12008

Спрощене зображення

Вигляд з'єднання

## Болт ДСТУ ГОСТ 7798-2008

Спрощене зображення

Вигляд з'єднання

## Розрахунок довжини виробу

Для гвинта  $l = H_2 + 2.0d$ ;

$H_1, H_2, H_3$  – товщини деталей, що з'єднуються

## Ряд нормальних довжин ... 30; 35; 40; 45; 50; 55; 60; ...

Для шпильки  $l = H_1 + 1.3d$ ;

$d$  – діаметр різьби

Для болта  $l = H_1 + H_2 + 1.3d$ .

## Умовна позначка кріпильних виробів.

Структура позначення.

- 1 – найменування деталі, клас точності (A, B, C), виконання (при необхідності);
- 2 – діаметр різьби, крок, поле допуску;
- 3 – характеристика довжини виробу;
- 4 – клас міцності, матеріал;
- 5 – вид і товщина покриття;
- 6 – номер стандарту.

Примітка. Виконання 1, великий крок різьби, марка матеріалу для вуглецевої сталі, вид покриття 00 не вказується

## Шпильки (нормальна точність)

Діаметр, мм	Латунь	Бронза	Легкі сплави	Довжина L, мм
16	16	20	32	35
18	18	22	36	35
20	20	25	40	40

## Приклади позначок

Гвинт В1 М16×4,0, 36, 019 ГОСТ 1491-80

Болт М12×1,25×50, 48 ГОСТ 7798-70

Гайка М27, 5, 026 ГОСТ 5915-70

Шпилька М24×2×70, 48 ГОСТ 22034-76

Шайба 24, 01, 015 ГОСТ 11371-78

Клас міцності для болтів, гвинтів та шпильок з вуглецевої сталі:  
36; 46; 48; 56; 58; 66; 68; 69  
(добуток чисел визначає величину меж текучості в н/мм<sup>2</sup>)

## Клас міцності для гайок

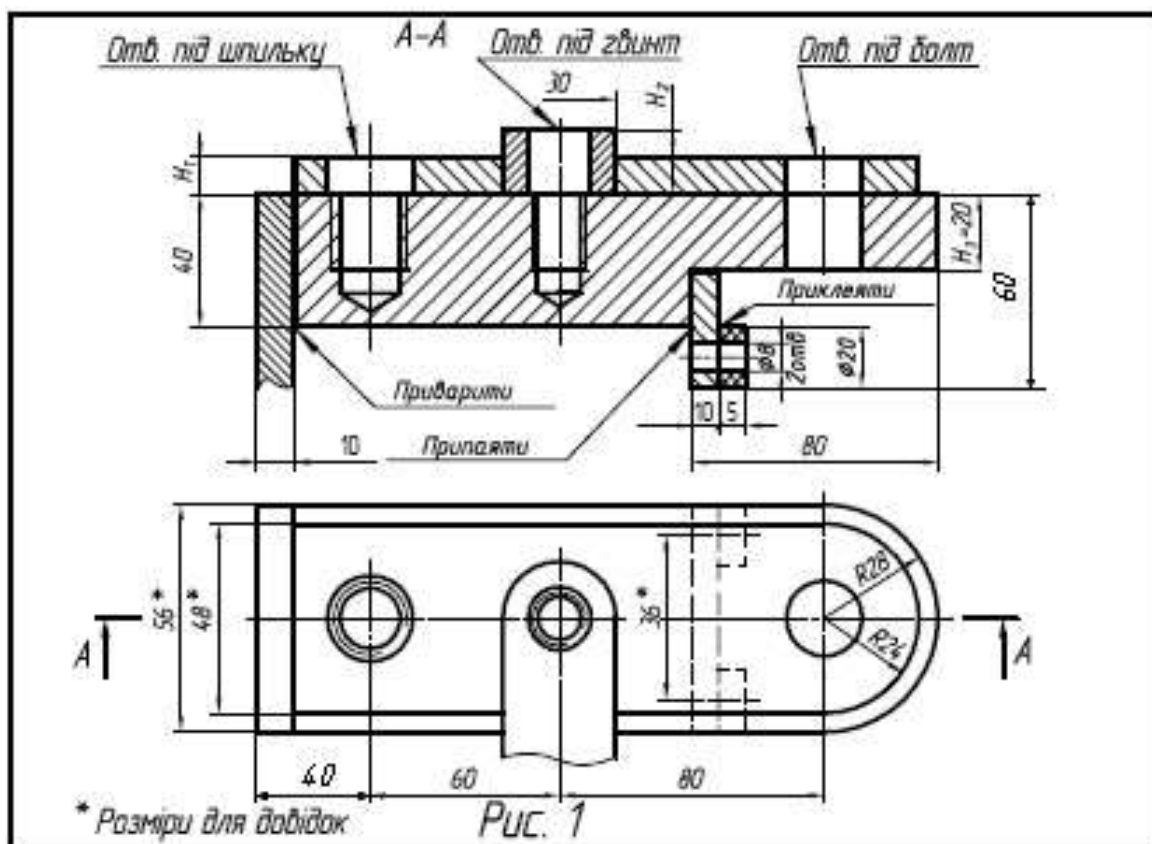
4; 5; 6; 8

(при множенні на 10 визначає величину напруження від випробувального навантаження в н/мм<sup>2</sup>)

Покриття: Вид і умовне позначення за ГОСТ 1759-70

01 – цинкове з хроматуванням;  
05 – окисне, 08 – мідне;  
09 – цинкове; 12 – срібне.

Товщина покриття 1, 3, 6, 9 мкм



Таблиця завдань

№ № варіанту	Деталі			Кріпильні вироби						
	Товщина (мм)		Матеріал	Гвинт		Болт, шпилька позначка нарізи	Клас міцності Група болта, шпильки гайки		Група матеріалу	Вид покриву, товщина(мм)
	H <sub>1</sub>	H <sub>2</sub>		Позначка	ДСТУ ГОСТ		Група болта, шпильки	Гайки		
1	16	10	Сталь	M10	14 91:2008	M14	48	5	06	016
2	17	14	Чавун	M12	14 91:2008	M16	46	4	05	013
3	18	10	Лег.сплав	M14	14 91:2008	M18	56	6	03	019
4	19	14	Бронза	M10	174 73:2008	M20	58	8	04	053
5	20	12	Лег.сплав	M12	174 73:2008	M14	68	4	05	056
6	21	14	Чавун	M14	174 73:2008	M16	68	5	06	059
7	22	14	Сталь	M10	174 75:2008	M18	69	6	05	00
8	23	14	Чавун	M12	174 75:2008	M20	36	8	03	083
9	24	14	Лег.сплав	M10	14 91:2008	M14	46	4	04	086
10	25	16	Бронза	M14	14 91:2008	M16	48	5	05	086
11	26	12	Сталь	M14	14 91:2008	M18	56	6	06	093
12	27	14	Чавун	M10	174 75:2008	M20	68	8	04	096
13	28	12	Бронза	M12	174 75:2008	M14	66	4	03	099
14	29	14	Лег.сплав	M10	14 91:2008	M16	69	5	04	016
15	30	14	Сталь	M14	14 91:2008	M18	36	6	05	019



[illegible]

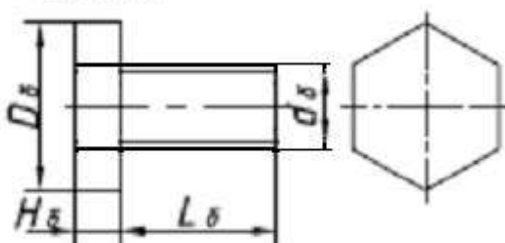


*Приклад виконання специфікації*

Формат Знач	Позначення	Найменування	Кількість	Примітка
		<u>Документація</u>		
A3	M/152.070304.000СК	Складальний кресленик		
		<u>Деталі</u>		
A3	1 M/152.070304.001	Основа	1	
A3	2 M/152.070304.002	Плита	1	
A4	3 M/152.070304.003	Планка	1	
A4	4 M/152.070304.004	Стойка	1	
A4	5 M/152.070304.005	Пластина	1	
БХ	6 M/152.070304.006	Прокладка $\phi 20/\phi 8 \times 5$	2	D/d x S
		Гума ГОСТ 7338-90		
		<u>Стандартні вироби</u>		
	7	Болт M18 x 55.36.019	1	
		ГОСТ 7798-70		
	8	Гайка M18.6.019	2	
		ГОСТ 5915-70		
	9	Гвинт M14 x 45.36.019	1	
		ГОСТ 1491-80		
	10	Шайба 18.01.019	2	
		ГОСТ 11371-78		
	11	Шпилька M18 x 35.36.019	1	
		ГОСТ 22032-76		
M/152070304.000				
Знач	Арх	Н докум	Гідн	Дата
Розроб	Генераль			
Перев				
Н.контр				
Затв	Виробник			
3'єднання			Лист	Архив
			1	1
			ММІ, 1 курс	
			гр МЛ-52	

Таблиця завдань										
№ варіанту	Деталі			Кріпильні вироби						
	Товщина (мм)		Матеріал	Гвинт		Болт, шпилька, позначка марки	Клас міцкості		Гайка матеріалу	Вид покриву позначка (к)
	H <sub>1</sub>	H <sub>2</sub>		Позначка	№ стандарту		Болт, шпилька, позначка марки	Клас		
1	10	16	Сталь	M14	ГОСТ 1491-80	M18	36	6	01	019

## Болт



$$d_s = M 18$$

$$L_s = H_1 + H_2 + 1.3 d_s$$

$$H_2 = 20$$

$$L_s = 10 + 1.3 \times 18 + 20 = 53.3 \sim 55$$

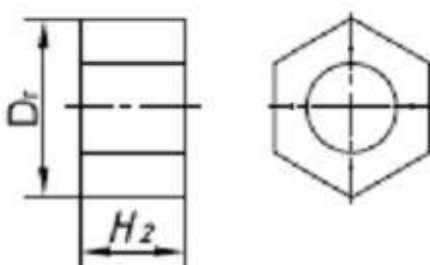
$$H_s = 0.7 d_s = 0.7 \times 18 = 12.6$$

$$D_s = 2 d_s = 2 \times 18 = 36$$

Болт M 18 x 55.36.019

ГОСТ 7798-70

## Гайка



$$d_s = d_{wn} = d_s = M 18$$

$$H_2 = 0.8 d_{wn} = 0.8 \times 18 = 14.4$$

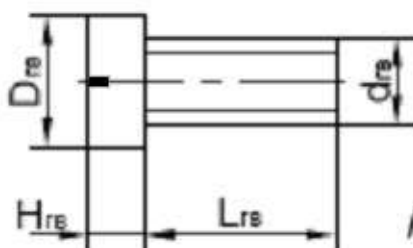
$$D_r = 2 d_{wn} = 2 \times 18 = 36$$

Гайка M 18.6.019

ГОСТ 5915-70

				M152.070304.000РГ		
Зем. Арт.	Н. Директ.	Підпис.	Дата	Розрахунок з'єднань нарізових	Літера.	Аркус
Розробив	Патреник				1	2
Головуючий						
Т. Констр.						
Н. Констр.						
Затверд.	Воробйов				ММІ, 1 курс зр МІ-52	

## Гвинт



$$d_{гв} = M 14$$

$$L_{гв} = H_z + 2d_{гв} = 16 + 2 \times 14 = 44 \sim 45$$

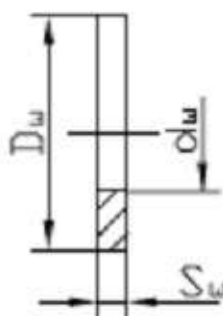
$$D_{гв} = 1.5 d_{гв} = 1.5 \times 14 = 21$$

$$H_{гв} = 0.6 \times d_{гв} = 0.6 \times 14 = 8.4$$

Гвинт М 14 х 45.36.019

ГОСТ 1491-80

## Шайба



$$d_{ш} \sim d_{гв}$$

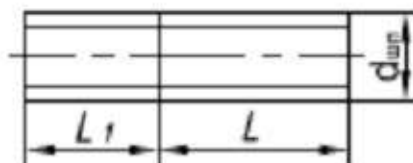
$$D_{ш} = 2.2d_{ш} = 2.2 \times 18 = 39.6$$

$$S_{ш} = 0.15d_{ш} = 0.15 \times 18 = 2.7$$

Шайба 18.01.019

ГОСТ 11371-78

## Шпилька



$$d_{шп} = M 18$$

$$L = H_1 + 1.3d_{шп} = 10 + 1.3 \times 18 = 33.4 \sim 35$$

$$L_1 = d_{шп} = 18$$

Шпилька М 18 х 35.36.019

ГОСТ 22032-76

		Воробйов		
		Гетренко		
Зм.	Арт.	Н.докум	Підпис.	Дата

М/52070304.000РГ

Арх

2

### *СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ*

1. Хаскін А.М. Креслення. – К.: Вища шк., 1972.
2. Гордон В.О., Семенов-Озиевский А.М. Курс начертательной геометрии. – Л.: Наука, 1988.
3. Государственные стандарты Единой системы конструкторской документации (ЕСКД).
4. Учебные задания по начертательной геометрии (Сост. А.М. Крот, Л.В.Петина, Н.С. Гумен). – К., 1988.

*Збірник задач і методичні рекомендації  
до вивчення дисципліни "Інженерна графіка"  
для студентів хіміко-технологічного факультету*

*Укладачі:*

*А.Е. Ізволеньська*

*Д.К. Луданов*

*Г.С. Подима.*

*Київ НТУУ "КПІ" 2016*

*Українською мовою*